



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

**CONTRIBUCIÓN DE SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ AL INGRESO Y
AUTOCONSUMO FAMILIAR DE PEQUEÑOS PRODUCTORES EN REPÚBLICA DOMINICANA**

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

MAGISTER SCIENTIAE

En AGROFORESTERÍA y AGRICULTURA SOSTENIBLE

YISNEIRY MERCEDES TAPIA POLANCO

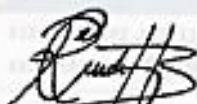
Turrialba, Costa Rica

2020

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:



Rolando Cerda, Ph.D.
Codirector de tesis



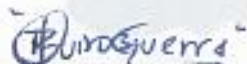
Elías de Melo Virgínio, Ph.D.
Codirector de tesis



Leila Bagny, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Amadeo Escarramán, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Roberto Quiroz, Ph.D.
Decano, Escuela de Posgrado



Yisneiry Mercedes Tapia Polanco
Candidata

ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA DE LA TESIS

Este trabajo de grado se redactó de acuerdo con la *Guía y Normas para el proyecto y tesis de Maestría* de la Escuela de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Costa Rica (2018). En ese sentido, está estructurado por dos capítulos, uno introductorio y uno en formato artículo, de la siguiente manera:

Capítulo I

Conformado por la introducción, marco conceptual acerca de la situación actual de la caficultura dominicana y los sistemas agroforestales de café, su aporte económico y nutricional a las familias de pequeños productores. Además, en este capítulo, hay una sección sobre el procedimiento metodológico de la investigación, donde se detalla el proceso de selección de los sistemas agroforestales de café en los que está centrado el estudio y criterios de selección de estos.

Capítulo II

Comprende al artículo correspondiente a los objetivos específicos de esta investigación titulada: *Contribución de sistemas agroforestales de café al ingreso y autoconsumo familiar de pequeños productores en República Dominicana*. Este artículo consta de una introducción, los materiales y métodos utilizados en campo, resultados o hallazgos, discusión, conclusiones y recomendaciones.

DEDICATORIA

Dedico todo mi esfuerzo a mi familia, su papel y su apoyo han sido clave en toda mi trayectoria.

Mis padres, Roberto Tapia y Yesenia Polanco; valoro mucho su amor, entrega y confianza, todo lo que soy es gracias a ellos, son un inmenso regalo de papá Dios.

Mis abuelos, Juan Polanco, Expedita Peña y María Gutiérrez, y mi tío Joel Polanco; han contribuido a marcar mi vida de ternura, paciencia y alegría.

Mis hermanas, Yislenny y Rocío Tapia Polanco, y mi primo Ricardo Joel Polanco; su cariño y fraternidad son mi fuente de inspiración. Apuesto mucho a ustedes, crean siempre en la educación y el estudio como vía para lograr cambios importantes en su entorno y en el mundo.

Mi novio, Víctor Camilo Pulido Blanco; ha llegado a llenar mi vida de color, se ha sumado a mi esfuerzo ofreciéndome su apoyo incondicional, enseñanzas, compañía y amor. Todo lo que me ha enseñado ha sido fundamental para culminar con éxito esta Maestría.

A mis demás familiares y amigos, por su confianza y aliento. En especial, a mis amigos los pequeños caficultores y sus familias, quienes sol a sol se esfuerzan para que todos disfrutemos cada mañana de una taza de café.

Al público interesado en los temas de biodiversidad, el aporte ambiental, social y económico de los sistemas agroforestales de café.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por poner cada pieza en su lugar y por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. Este trabajo de grado es fruto del esfuerzo fusionado de personas e instituciones preocupadas por el desarrollo profesional, productivo y del sector cafetalero. Por tal razón, quiero agradecer al:

Ministerio de Agricultura de República Dominicana, por la oportunidad brindada a lo largo de 18 meses con el financiamiento de mis estudios de Maestría. Manifiesto mis más sinceros agradecimientos a Alfredo Mena, representante del CATIE en República Dominicana, por su motivación y por estar al tanto de cada proceso para que yo pueda ser parte de la gran familia CATIE.

Al INDOCAFE, liderado por el Ing. Marino Suárez Jorán, por otorgarme la licencia de realizar mis estudios en el exterior a través del convenio CATIE-INDOCAFE, así mismo, quiero agradecer a los ingenieros Concepción Ureña y Héctor Jiménez, quienes me ofrecieron todo su apoyo desde la Dirección Técnica del Instituto para que hoy pueda dar un paso más en el área del saber. Con ellos quiero agradecer a cada director regional y cada técnico de cada oficina de extensión cafetalera visitada durante mi fase de campo, siempre mostraron su empeño en colaborar con alegría y cumplir con éxito cada jornada de trabajo. Asimismo, a Amadeo Escarramán, miembro del Comité Consejero de esta investigación, por sus importantes aportes y sugerencias para obtener valiosos resultados que contribuyan a la caficultura dominicana.

A la Asociación de Caficultores la Independencia (ASOCAIN), liderada por el caficultor Luís Henríquez Núñez; grupo de caficultores y compañeros de labor con quienes he aprendido a trabajar desde el campo para el campo, quienes me han motivado a sentir amor a este cultivo.

Al CATIE, por haberme guiado hacia ver cumplida una de mis metas académicas a través del director general Muhammad Ibrahim y la decana de la Escuela de Posgrado Isabel Gutiérrez. Con ellos quiero agradecer a cada uno de los profesores e investigadores por la transferencia de conocimientos durante toda la Maestría. Al Dr. Rolando Cerda, por todo su tiempo, dedicación, sus conocimientos científicos proporcionados en esta investigación y por guiarme en cada paso que debía acotar para dar por terminado satisfactoriamente este trabajo. Al Dr. Elías De Melo y a la Dra. Leila Bagny, por su carisma y su gran aporte en aspectos claves de esta investigación. A la Unidad de biometría del CATIE, liderada por el Dr. Fernando Casanoves, por su paciencia y atención en cada detalle importante de este trabajo.

Al IDIAF, liderado por el Dr. Pedro Núñez; sus orientaciones en investigación y en la planificación de cada ruta hacia cada zona cafetalera de República Dominicana, así como el apoyo logístico brindado fueron indispensables para llevar a cabo este trabajo de grado.

A Costa Rica, a los compañeros y amigos ticos, por haberme acogido con alegría todo este tiempo en su maravilloso país, por ser la tierra en que conocí al amor de mi vida, Víctor Camilo Pulido Blanco. Amor, gracias por compartir conmigo tus experiencias en las investigaciones agropecuarias (programas de citación, tips de lectura, búsqueda de artículos, y herramientas que me fueron muy útiles para cumplir con este trabajo). Junto con ellos, agradecer a los compañeros de Maestría, mis compatriotas y mis demás compañeros de otras 12 nacionalidades que conformaron nuestra promoción; cada compartir, cada baile, cada comida y cada vivencia consolidan un aprendizaje mucho más exitoso. Y a todos aquellos que, de alguna manera u otra, colaboraron para que esto sea posible. Muchas gracias.

BIOGRAFÍA

YISNEIRY TAPIA

Yisneiry Mercedes Tapia Polanco nació el 18 de noviembre de 1997 en el municipio de Bonao, provincia Monseñor Nouel, República Dominicana. Hija de los señores Roberto Tapia y Yesenia Polanco. Realizó sus estudios primarios en el Colegio Eugenio María de Hostos y la Escuela Francisco Antonio Batista García de la ciudad. En el 2013, concluyó sus estudios secundarios en el Instituto Politécnico Loyola, San Cristóbal; donde obtuvo un título en Agronomía bajo la modalidad técnico profesional. Después, se graduó como ingeniera agrónoma en la Universidad Católica Tecnológica del Cibao (UCATECI), La Vega, en octubre 2017.

Mientras estuvo en la universidad, la joven se dedicó a realizar trabajos comunitarios en áreas rurales de su provincia natal y fue galardonada en dos ocasiones con el Premio Nacional a la Excelencia Juvenil por la provincia Monseñor Nouel en el renglón “Contribución a la comunidad campesina” (2014) y “Preservación y fomento de los recursos naturales” (2016).

En el ámbito laboral, se ha desempeñado desde el 2015 hasta la actualidad en el Consejo Dominicano del Café (CODOCAFE), lo que ahora se conoce como Instituto Dominicano del Café (INDOCAFE). La función que ha desempeñado en la institución ha sido como Agente de Desarrollo Cafetalero, además, ha sido coordinada a la Asociación de Caficultores la Independencia (ASOCAIN), Loma de Blanco, lo que le ha permitido trabajar en proyectos comunitarios. Fue gerente del Proyecto de Desarrollo Económico Rural (PRORURAL) para ASOCAIN, financiado por el Fondo Internacional de Desarrollo Agropecuario (FIDA) y el Fondo Español (2016). Este proyecto en el que trabajó, se basó en el desarrollo de una planta de acopio y procesadora de café en la comunidad de Blanco, así como la inclusión de jóvenes en los trabajos del campo; esto último ayudó a la joven a liderar la juventud rural de esa comunidad y, mediante eventos nacionales organizados por el PRORURAL, fue seleccionada como representante de juventud rural República Dominicana para formar parte de la comisión encargada de escribir el plan de acción regional dirigido a las juventudes rurales en el marco de la Estrategia Centroamericana de Desarrollo Rural Territorial (ECADERT), con apoyo del FIDA y el Sistema de Integración Centroamérica (SICA).

La señorita Tapia ha participado en tres encuentros internacionales de juventud rural: en Antigua Guatemala; San José, Costa Rica y en la ciudad de Panamá. Además, ha recibido cursos internacionales, en el Instituto Hondureño del Café (IHCAFE), Santa Bárbara Honduras: técnicas para la cría y reproducción de parasitoides controladores biológicos de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) (2015), y en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica: técnicas de propagación vegetativa de café (2020). En enero 2019, ganó una beca por el Ministerio de Agricultura de su país e ingresó al programa de Maestrías del CATIE, actualmente es candidata a *Magister Scientiae* en Agroforestería y Agricultura Sostenible.

CONTENIDO

CAPITULO I: SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ, SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE PROVISIÓN Y SU APOORTE A LA ECONOMÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA DEL CAFICULTOR, CON ÉNFASIS EN REPÚBLICA DOMINICANA.....	1
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Justificación e importancia	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Preguntas de investigación.....	6
1.5 Hipótesis	6
2. MARCO REFERENCIAL.....	8
2.1 Cafetales en América Latina	8
2.2 Importancia económica y social de la caficultura en Centroamérica y el Caribe	8
2.3 Características generales de República Dominicana.....	9
2.4 Situación actual de los cafetales en República Dominicana	11
2.5 Café y cambio climático en la República Dominicana	12
2.6 Aporte de servicios ecosistémicos a la producción de café en la República Dominicana	13
2.7 Producción diversificada en el cultivo del café.....	13
2.7.1 Importancia de la biodiversidad para los productores de café.....	14
2.8 Beneficios de producir café en sistemas agroforestales	15
2.9 Estimación de servicios de provisión.....	15
2.10 Relación entre servicios de provisión: Producción y Economía.....	18
2.10.1 Importancia de los servicios ecosistémicos	18
2.11 Relación de ingresos y beneficios tangibles de la biodiversidad en sistemas agroforestales	20
2.12 Potencial de sistemas agroforestales en la seguridad alimentaria	21
2.12.1 Sistema alimentario y diversidad nutricional.....	22
2.12.2 Sistema alimentario sostenible	23
3. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.1 Ubicación de la zona de estudio	24

3.2 Características climáticas de la zona de estudio	27
3.3 Estructura de la Investigación.	27
3.4 Procesos metodológicos.....	28
CONCLUSIÓN	28
LITERATURA CITADA	30
ANEXOS	33
CAPITULO II. ARTÍCULO CIENTÍFICO	47
CONTRIBUCIÓN DE SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ AL INGRESO Y AUTOCONSUMO FAMILIAR DE PEQUEÑOS PRODUCTORES EN REPÚBLICA DOMINICANA	47
RESUMEN	47
ABSTRACT	48
1. INTRODUCCIÓN	49
2. MATERIALES Y MÉTODOS	51
3. RESULTADOS.....	63
3.1 Estructura de los SAFC.....	63
3.2 Manejo de los SAFC.....	68
3.3 Vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático	71
3.4 Rendimiento de productos agroforestales	74
3.5 Indicadores socioeconómicos	78
3.6 Relaciones entre indicadores socioeconómicos y diversidad botánica	80
3.7 Seguridad alimentaria.....	85
4. DISCUSIÓN.....	88
5. CONCLUSIONES.....	98
6. RECOMENDACIONES	99
7. AGRADECIMIENTOS.....	100
8. LITERATURA CITADA	101
ANEXOS	111

Índice de tablas Capítulo I

Tabla 1. Descripción de preguntas generadas en la investigación e hipótesis.....	7
Tabla 2. Composición nutricional de especies frutales	21
Tabla 3. Cronograma de actividades para el desarrollo de la investigación	33
Tabla 4. Presupuesto general de trabajo de grado.....	34

Índice de tablas Capítulo II

Tabla 1. Análisis de varianza multivariado de densidades de especies agroforestales y áreas basales en 407 SAFC en República Dominicana. Donde B: bananos. F: frutales. M: maderables. S: servicios. AB: área basal (m ²). AF: área basal de frutales. AM: área basal de maderables. AS: área basal de árboles de servicio. N: número de cafetales por cada conglomerado	51
Tabla 2. Número total de sistemas agroforestales de café por provincias y regional en República Dominicana	55
Tabla 3. Principales características climáticas de los sistemas agroforestales de café seleccionados en República Dominicana	56
Tabla 4. Categorías para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático en SAFC	58
Tabla 5. Índice de biodiversidad de plantas para dosel de sombra en sistemas agroforestales de café en República Dominicana	64
Tabla 6. Estructura de cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana	67
Tabla 7. Frecuencias absolutas de prácticas de manejo por año en tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana	69
Tabla 8. Costos de mano de obra e insumos de prácticas de manejo en sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: Elaboración propia	70
Tabla 9. Aspectos que afectan la vulnerabilidad y capacidad adaptativa frente al cambio climático en sistemas agroforestales de café de República Dominicana	73
Tabla 10. Rendimientos de los principales productos agroforestales en los tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana	75
Tabla 11. Precios de los principales productos en sistemas agroforestales de café en República Dominicana	76
Tabla 12. Valores de los indicadores socioeconómicos en los tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana	79
Tabla 13. Resumen de pruebas de hipótesis marginales utilizando modelo de regresión lineal general y mixto.	84
Tabla 14. Productos agroforestales de autoconsumo en sistemas agroforestales de café dominicanos y nutrientes que aportan a la seguridad alimentaria de las familias	86
Tabla 15. Número de productos que contienen nutrientes esenciales en tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana	87
Tabla 16. Valores de los indicadores socioeconómicos en los sistemas agroforestales de café estudiados y café a pleno sol	94

Índice de figuras Capítulo I

Figura 1. Técnicas para priorizar los actores sociales basado en el grado de influencia y en la importancia con respecto a los servicios ecosistémicos. Fuente: (Martín-López & Montes 2010).	16
Figura 2. Identificación y evaluación de los servicios suministrados por los ecosistemas. Fuente: (Martín-López & Montes 2010).	17
Figura 3. Relación entre la biodiversidad y la producción de servicios ecosistémicos. Fuente: (Europeas 2008)	19
Figura 4. Sistema alimentario. Fuente: (FAO 2017)	22
Figura 5. Localización geográfica de la República Dominicana. Fuente: (Aybar y de los Angeles 2013)	24

Figura 6. Zonas cafetaleras y producción de café en República Dominicana. Fuente: (CEPAL et al. 2018).....	25
Figura 7. Regionales del Instituto Dominicano del Café en la República Dominicana. Las provincias no señaladas (color morado oscuro) carecen de regional por la ausencia del cultivo del café: Fuente: (Pulido-Blanco 2019).....	26
Figura 8. Estructura de la investigación. Fuente: Elaboración propia.....	27
Figura 9. Metodología de la investigación: contribución de los sistemas agroforestales con café, a los ingresos y autoconsumo de familia de pequeños productores de la Rep. Dom. Fuente: autor.....	29

Índice de figuras Capítulo II

Figura 1. Análisis de conglomerados de 407 SAFCs en República Dominicana. Fuente: Cerda et al 2019.	52
Figura 2. Área de estudio. Tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: Elaboración propia, a partir de datos suministrados por el Instituto Dominicano del Café	54
Figura 3. Instrumentos de investigación para la recolección de datos. Fuente: Elaboración propia ...	62
Figura 4. Curva de acumulación de especies de plantas en el dosel de sombra de los sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: (Tapia-Polanco & Pulido-Blanco 2020).....	63
Figura 5. Porcentaje de especies de plantas según su uso principal en sistemas agroforestales de café en República Dominicana. F frutas, M madera y S árboles de servicio. Fuente: elaboración propia	65
Figura 6. Costos por hectáreas de prácticas de manejo en sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: Elaboración propia	68
Figura 7. Representación gráfica de la vulnerabilidad al cambio climático en sistemas agroforestales de café en República Dominicana, según la metodología de Villareyna et al (2007) en los SAFC estudiados. A. Visión general de la vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático en 40 SAFC representativos de República Dominicana. B. Vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático en tipos de SAFCS. C. Discriminación de vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático por altitud y por tipo de SAFC. D. Distribución geográfica de vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático en provincias que forman parte del estudio. Fuente: elaboración propia.	72
Figura 8. Pérdidas de productos agroforestales en sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.....	77
Figura 9. Relaciones entre ingreso neto y variables de diversidad botánica. A. índice recíproco de Simpson (1/D), B. Riqueza de especies arbóreas, C. Densidad dosel y D. Área basal dosel, en cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.	80
Figura 10. Relaciones entre flujo de efectivo y variables de diversidad botánica. A. índice recíproco de Simpson (1/D), B. Riqueza de especies arbóreas, C. Densidad dosel y D. Área basal dosel, en cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República. Fuente: elaboración propia.	81
Figura 11. Relaciones entre valor de autoconsumo y variables de diversidad botánica. A. índice recíproco de Simpson (1/D), B. Riqueza de especies arbóreas, C. Densidad dosel y D. Área basal dosel, en cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República. Fuente: elaboración propia..	82
Figura 12. Relaciones entre beneficio familiar y variables de diversidad botánica. A. índice recíproco de Simpson (1/D), B. Riqueza de especies arbóreas, C. Densidad dosel y D. Área basal dosel, en cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.	83

Figura 13. Nutrientes que aportan a la seguridad alimentaria en tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.....	87
Figura 14. Producción de café verde en la República Dominicana, 2002-2018. Fuente: (CEPAL 2019)	91
Figura 15. Porcentajes acumulados de valores de los indicadores socioeconómicos en los sistemas agroforestales de café estudiados y café a pleno sol. Fuente: elaboración propia	95

Índice de anexos Capítulo I

Anexo 1. Cronograma de actividades	33
Anexo 2. Presupuesto de tesis	34
Anexo 3. Formularios para levantamiento de datos	35

Índice de anexos Capítulo II

Anexo 1. Número de individuos por uso y por tipo de SAFC.....	111
Anexo 2. Curva de acumulación de especies de plantas en el dosel de sombra de acuerdo con tipos y altitudes de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: (Tapia-Polanco & Pulido-Blanco 2020)	111
Anexo 3. Especies de plantas y sus usos identificados de los sistemas agroforestales de café en cuatro áreas de cultivo de café de República Dominicana	112
Anexo 4. Vulnerabilidad al cambio climático en unidades productivas cafetaleras de República Dominicana	115
Anexo 5. Precios consultados de la madera en pies cúbicos en República Dominicana	116
Anexo 6. Cotización precios de la madera es pies cúbicos.....	117
Anexo 7. Indicadores socioeconómicos incluido el valor de la madera en los tipos de sistemas agroforestales de café en República.....	118
Anexo 8. Relaciones entre ingreso neto incluido el valor de la madera y variables de diversidad botánica.	119
Anexo 9. Relaciones entre flujo de efectivo incluido el valor de la madera y variables de diversidad botánica.	120
Anexo 10. Relaciones entre beneficio familiar incluido el valor de la madera y variables de diversidad botánica.	121
Anexo 11. Resumen de pruebas de hipótesis marginales utilizando modelo de regresión lineal general y mixto, incluido el valor de la madera para IN, FE y BF	122

LISTA DE ACRÓNIMOS, ABREVIATURAS Y UNIDADES

ICO	International Coffee Organization
INE	Instituto Nacional de Estadística
INTEC	Instituto Tecnológico de Santo Domingo
FAO	Food and Agriculture Organization
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INDOCAFE	Instituto Dominicano del Café
CODOCAFE	Consejo Dominicano del Café
IDIAF	Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
LEK	Local Ecological Knowledge
CSA	Comité de Seguridad Alimentaria
MESCyT	Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología
FONDOCyT	Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico
RD	República Dominicana
SAF	Sistemas agroforestales
SAFC	Sistemas agroforestales de café
GEI	Gases de efecto invernadero
v.g.	<i>verbi gratia</i> . Por ejemplo
ha	hectáreas

CAPÍTULO I. SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ, SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE PROVISIÓN Y SU APOORTE A LA ECONOMÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA DEL CAFICULTOR, CON ÉNFASIS EN REPÚBLICA DOMINICANA

RESUMEN

El café es uno de los productos agrícolas de mayor importancia económica a nivel mundial, genera empleos para aproximadamente 1,8 millones de personas en Centroamérica y el Caribe. No obstante, la producción de café en algunos países como República Dominicana ha decrecido a una tasa aproximada de 5 % anual en las últimas tres décadas; no de manera constante, sino en un patrón de altibajos. En ese sentido, la producción de café atraviesa un período de recuperación, su baja rentabilidad ha provocado la disminución de los ingresos, desanimando a las familias productoras y en particular a los jóvenes que migran a zonas urbanas y a otros países, lo que agudiza las condiciones de pobreza para quienes lo cultivan. En República Dominicana, gran parte de las fincas de café son de pequeños productores, cuyas condiciones de vida son precarias en muchos casos; y debido a la situación que atraviesa el sector cafetalero del país, muchos se han visto en la necesidad de comercializar otros productos. Para el uso apropiado de los recursos, una alternativa en la que se puede mantener el cultivo principal, además, que contribuye positivamente al flujo de caja neto, ingreso neto y al autoconsumo o ahorro familiar son los sistemas agroforestales. Los sistemas agroforestales de café representan un espacio importante relacionado con servicios ambientales, como el suministro de productos complementarios de los árboles y demás especies de asocio; favorecen la mitigación y adaptación al cambio climático y compensan los requerimientos nutricionales de la dieta familiar. En República Dominicana se han utilizado sistemas agroforestales con cultivos como el café y cacao, sin embargo, el potencial de estos no ha sido aprovechado en su totalidad y se desconoce cuantitativamente su contribución a los beneficios familiares de pequeños productores. En este sentido, en esta investigación se analizó la contribución de los tipos de sistemas agroforestales de café de siete regiones del país al ingreso y autoconsumo familiar, lo cual permite documentar y derivar recomendaciones importantes para el sector café.

Palabras claves: café, sistemas agroforestales, ingresos, autoconsumo, ahorro familiar, servicios ecosistémicos.

ABSTRACT

Coffee is one of the most economically important agricultural products worldwide, generating jobs for approximately 1.8 million people in Central America and the Caribbean. However, coffee production in some countries, such as the Dominican Republic, has decreased at an approximate rate of 5% per year in the last three decades; not constantly, but in a pattern of ups and downs. In this sense, coffee production is going through a recovery period, its low profitability has caused a decrease in income, discouraging producer families and particularly young people who migrate to urban areas and other countries, which exacerbates conditions of poverty for those who cultivate it. In the Dominican Republic, a large part of the coffee farms are from small producers, whose living conditions are precarious in many cases; and due to the situation that the country's coffee sector is going through, many have found it necessary to commercialize other products. For the proper use of resources, an alternative in which the main crop can be maintained, contributes positively to net cash flow, net income, and household consumption or savings are agroforestry systems. Agroforestry coffee systems represent an important space related to environmental services, such as the supply of complementary products from trees and other associated species, favor mitigation and adaptation to climate change and compensate for the nutritional requirements of the family diet. Agroforestry systems have been used in the Dominican Republic with crops such as coffee and cocoa; however, their potential has not been fully exploited and their contribution to the rural economy is quantitatively unknown. In this sense, it was necessary to analyze the contribution to income and internal consumption in 40 agroforestry systems of seven coffee regions in the country.

Key words: coffee, agroforestry systems, income, self-consumption, family savings, ecosystem services.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Un sistema agroforestal (SAF) es una forma del uso de la tierra combinando especies forestales, cultivos agrícolas y ganadería, procurando la sostenibilidad del sistema (Ley Forestal No.7575) ([Arronis Díaz 2006](#)). Estos sistemas son considerados como una alternativa de uso apropiado de los recursos naturales, porque permiten la asociación de cultivos, tanto de ciclo corto como permanente con árboles (maderables, frutales, de leña y de otros usos), además de la interacción con el componente animal. En República Dominicana, se han utilizado estos sistemas durante largo tiempo, especialmente los sistemas con cultivos perennes (café y cacao), sin embargo, el potencial de estos no ha sido aprovechado en su totalidad ([Núñez & Cuevas 2004](#)).

A pesar de la problemática a nivel mundial que ha afectado la caficultura con la roya del café, la frecuente depresión de su precio en el mercado internacional, la migración del agricultor a la ciudad y la falta de recursos que impiden que los pequeños productores manejen correctamente las plantaciones, la República Dominicana sigue siendo productor de café y ha logrado renovar en gran parte las plantaciones destinadas a este cultivo con variedades tolerantes a la roya. Por tanto, más allá del consumo o del valor sentimental y gastronómico que el dominicano le confiere a este producto agrícola, el café juega un papel social, económico y ambiental de mucha importancia para el país.

Las implicaciones que ha tenido el cultivo de café en República Dominicana han repercutido en la economía del caficultor, pues siendo el café el cultivo principal para muchos pequeños y medianos productores, la producción ha mermado significativamente en algunos lugares del país. A su vez, se refleja en un crecimiento de la tasa de desempleo, menos flujo de efectivo y, posteriormente, la crisis económica en el sector cafetalero.

Según [ICO \(2019\)](#), el café en la República Dominicana ocupa el vigésimo séptimo lugar de principales países productores de café, con 24,000 toneladas métricas anuales (2017-2018). Como opción de generar ingresos y contribuir al autoconsumo de las familias rurales de pequeños y medianos caficultores de la República Dominicana, están los sistemas agroforestales de café (SAFC). Los SAFC constituyen un espacio importante, tanto vinculado con el suministro de productos complementarios de los árboles como a servicios ambientales ([Perdoná et al. 2013](#); [Farfán 2014](#)).

Por otra parte, de acuerdo con [Farfán \(2014\)](#), uno de los mayores problemas en la agenda contemporánea global es el cambio climático. Es incuestionable que sus consecuencias para el planeta pueden ser catastróficas y que deben tomarse medidas para revertirlo, a la vez, para adaptarse a los escenarios que presenta. Frente a esta situación, la agroforestería surge como alternativa productiva que contribuye a la reducción de la vulnerabilidad y el impacto de las actividades humanas. La agroforestería crea un agroecosistema similar al ecosistema natural antes de ser intervenido, protege los suelos de las fuertes precipitaciones de estas vertientes, mantiene el ciclo hidrológico y la diversidad biológica y, por lo tanto, garantiza una sostenibilidad mayor en comparación con sistemas como el monocultivo.

Además de buscar soluciones de adaptación al cambio climático, la República Dominicana tiene como desafío, crear las condiciones en las áreas cafetaleras para que los caficultores sigan en las

montañas. En ese sentido, es importante diseñar SAFC, con el objetivo de que el caficultor obtenga ingresos adicionales. Los árboles de sombra pueden proporcionar importantes contribuciones a los agricultores, especialmente cuando la productividad o el precio del café es bajo, incrementando de este modo la resiliencia económica del caficultor ([Gnonlonfoun et al. 2019](#); [Nyong et al. 2019](#)).

1.2 Justificación e importancia

El sector cafetalero de la República Dominicana está constituido por pequeños y medianos productores, por lo que es interesante realizar un estudio que les permita conocer fuentes alternativas de ingreso y subsistencia. Este estudio pretende estimar los rendimientos de todos los productos obtenidos de diferentes SAFC en República Dominicana, tomando en cuenta indicadores económicos que reflejen este aporte. Además, analizar la relación que existe entre la contribución que hacen estos productos agrícolas y la biodiversidad botánica del sistema.

Los SAFC son importantes en la conservación de la diversidad biológica, ya que estos sistemas productivos conservan gran parte de la estructura y funcionamiento de los bosques nativos que reemplazaron; esto quiere decir que cumplen un papel fundamental como protección de la vida silvestre, además de garantizar diferentes productos que contribuyen a la economía de los caficultores, facilitan la infiltración del agua, conservación del suelo, colaboran en la captura de carbono y suministran otros servicios ambientales que aún no han sido valorados ([García Mayoral et al. 2015](#)).

Son numerosos los servicios ambientales que pueden proveer los sistemas agroforestales, entre ellos están: 1) mantenimiento de la fertilidad del suelo, reducción de la erosión mediante el aporte de material orgánico al suelo, fijación de nitrógeno y reciclaje de nutrientes; 2) conservación del agua al favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial; 3) captura de carbono, acentuando el potencial de los sistemas silvopastoriles y 4) conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados ([Beer et al. 2003](#)).

En lo que concierne a este trabajo, conocer el potencial de los productos agroforestales que están asociados con el café permite que los caficultores perciban los beneficios que pueden obtener desde distintas perspectivas de producción o distintos SAF, tomando en cuenta las condiciones agroecológicas y socioeconómicas de las comunidades en las que se desarrolla este cultivo. La contribución que hacen los SAFC se ve reflejada en mejorar la calidad de vida de zonas rurales, la cuantificación de rendimientos, ingresos y valor para el consumo interno, teniendo como meta principal desarrollar una tipología de la producción en sistemas agroforestales con café, evaluando las relaciones por cada grupo. Los SAF son conocidos en República Dominicana tanto en café como en el cultivo de cacao, pero no han sido desarrollados a plenitud; tomando esto en consideración, se muestran oportunidades de ser mejorados como modelos de uso sostenible de la tierra, satisfaciendo las necesidades básicas del caficultor dominicano.

Esta investigación persigue obtener información sobre la contribución de los cafetales dominicanos, en especial los SAFC, a las familias rurales. Asimismo, es importante como propósito de este estudio, que los caficultores se apropien de producir café bajo sistemas agroforestales, debido a que representan

una alternativa para sus ingresos; los sistemas agroforestales son ecológicamente deseables, permitiendo que los sistemas de producción sean más sostenibles ([Farfán 2014](#)).

De acuerdo con [Fournier \(1981\)](#), los sistemas agroforestales tienden no solo a un mejor aprovechamiento de la tierra o productividad de la zona en la que esté implementado, sino que favorece, en términos generales, una mejor protección del ambiente, debido a su mayor complejidad biológica y estructural. Sin embargo, es fundamental conocer a detalle las especies que interactúan en un sistema agroforestal, a favor de las comunidades rurales, debido que, además de todos los beneficios que se pueden obtener, resultan importantes porque permiten comprender el aporte de los SAF a la seguridad alimentaria de las familias, y el rol que desempeñan en la mitigación y adaptación a la variabilidad del cambio climático.

En comparación con los monocultivos, los sistemas agroforestales son importantes tanto desde el punto de vista fisiobiológico como socioeconómico. Entre los efectos fisiobiológicos, está una mayor circulación de biomasa en el sistema, mayor protección contra el viento, la erosión y la evaporación, así como mejoras en las condiciones físicas del suelo. Desde el punto de vista socioeconómico, estos sistemas pueden suministrar al pequeño agricultor diversos productos (frutales, leña, madera), además, los árboles y frutos que se obtienen de estos sistemas son un capital adicional que el agricultor puede tomar en cuenta cuando tiene problemas financieros ([Fournier 1981; Campanha et al. 2004; Jaramillo-Botero et al. 2010](#)).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar la contribución de los productos tangibles en los principales tipos de cafetales, a los beneficios de pequeños productores y sus familias en República Dominicana.

1.3.2 Objetivos específicos

- 1.3.2.1 Caracterizar la estructura, manejo, vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático de los principales tipos de cafetales con énfasis en la identificación de especies herbáceas y leñosas que proveen productos tangibles para ingresos y autoconsumo.
- 1.3.2.2 Estimar los rendimientos y precios de todos los productos agroforestales (café, frutas, madera, otros) obtenidos de los cafetales.
- 1.3.2.3 Estimar indicadores socioeconómicos: flujo de efectivo, valor de autoconsumo y beneficio familiar total que proveen los cafetales.
- 1.3.2.4 Determinar la relación que existe entre los indicadores socioeconómicos y la diversidad botánica.
- 1.3.2.5 Identificar nutrientes que aportan los SAF café a la seguridad alimentaria de las familias rurales.

1.4 Preguntas de investigación

1.4.1 Del objetivo general

- ¿Existe una contribución de los productos tangibles en los principales tipos de cafetales, que puedan beneficiar a pequeños productores y sus familias en República Dominicana?

1.4.2 De los objetivos específicos

- ¿Cómo es la estructura, manejo, vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático que representan los principales tipos de cafetales, con énfasis en la identificación de especies herbáceas y leñosas que proveen productos tangibles para ingresos y autoconsumo?
- ¿Cuál es el rendimiento y precio actual e histórico de todos los productos agroforestales (café, frutas, madera, otros)?
- ¿Cuál es el tipo de SAFC que hace mayor contribución a las familias en cada indicador socioeconómico: flujo de efectivo, valor de autoconsumo y beneficio familiar?
- ¿Qué relación existe entre los indicadores socioeconómicos y la diversidad botánica?
- ¿Cuáles nutrientes aportan los SAFC a la seguridad alimentaria de las familias rurales?

1.5 Hipótesis

Hipótesis general

Los productos agroforestales son tan importantes como el café para contribuir a los medios de vida de las familias de pequeños productores en República Dominicana.

A continuación, se detallan las preguntas de investigación e hipótesis para cada objetivo (**Tabla 1**).

Tabla 1. Descripción de preguntas generadas en la investigación e hipótesis

Objetivo específico	Pregunta general	Hipótesis	Preguntas de investigación
Caracterizar la estructura, manejo, vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático de los principales tipos de cafetales, con énfasis en la identificación de especies herbáceas y leñosas que proveen productos tangibles para ingresos y autoconsumo.	¿Cómo es la estructura, manejo, vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático que representan los principales tipos de cafetales, con énfasis en la identificación de especies herbáceas y leñosas que proveen productos tangibles para ingresos y autoconsumo?	H1. La estructura, manejo, vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático de los principales tipos de cafetales están vinculados a la contribución que estos hacen a las familias.	¿Qué tipo de SAFC es más apropiado para la subsistencia de un pequeño caficultor dominicano? ¿Cuáles son las principales especies que proveen productos tangibles en cada tipo de sistema agroforestal de café?
Estimar los rendimientos y precios de todos los productos agroforestales (café, frutas, madera, leña, otros), obtenidos de los cafetales.	¿Cuál es el rendimiento y precio actual e histórico de todos los productos agroforestales (café, frutas, madera, otros)?	H1. Los frutales y musáceas generan altos rendimientos en un SAF con café.	¿En cuál SAFC se obtienen mayores rendimientos? Además del café, ¿cuáles productos agroforestales tienen mayores rendimientos?
Estimar indicadores socioeconómicos: el flujo de efectivo, valor de autoconsumo y beneficio familiar total que proveen los cafetales.	¿Cuál es el tipo de SAFC que hace mayor contribución a las familias en cada indicador socioeconómico: flujo de efectivo, valor de autoconsumo y beneficio familiar?	H1. El dosel de sombra es capaz de generar ingresos significativos a favor de las familias caficultoras.	¿Cuáles productos agrícolas resultan ser más rentables a la economía del productor? ¿Qué tipo de SAFC presenta mayor flujo de efectivo a las familias rurales? ¿Qué SAFC presenta mayor valor de autoconsumo? ¿Qué SAFC presenta mayores beneficios a las familias?
Determinar la relación que existe entre los indicadores socioeconómicos y la diversidad botánica.	¿Qué relación existe entre los indicadores socioeconómicos y la diversidad botánica?	H1. La diversidad se relaciona positivamente con el ingreso no monetario y el ingreso neto.	¿Cuáles son las especies que más aportan a los indicadores socioeconómicos en cada sistema agroforestal?
Identificar nutrientes que aportan los SAF café a la seguridad alimentaria de las familias rurales.	¿Cuáles nutrientes aportan los SAFC a la seguridad alimentaria de las familias rurales?	H1. Los sistemas agroforestales compensan los requerimientos nutricionales de la dieta familiar.	¿Cuáles productos agrícolas aportan mayores nutrientes? ¿Cuáles productos agrícolas aportan menos nutrientes?

Fuente: elaboración propia.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Cafetales en América Latina

Según [Canet Brenes et al. \(2016\)](#), el café es uno de los productos agrícolas de mayor importancia económica a nivel mundial, ocupa el segundo lugar después del petróleo en materia de cifras con relación al comercio internacional. En los países del hemisferio americano, este cultivo ha formado parte de su cultura, estableciendo un elemento esencial para el desarrollo de la vida republicana, donde el 90 % de la producción agrícola está en manos de pequeños y medianos productores en la gran región productora, comprendida desde Perú hasta México.

Esta gran masa de pequeños agricultores de América Latina ha sufrido el ataque de diversos fenómenos económicos y climáticos, en gran parte por la grave crisis de precios ocurrida en el siglo XXI; los bajos precios obstaculizaron la caficultura, impidiendo a que los caficultores obtuvieran ingresos necesarios para cubrir los gastos en renovación de plantaciones y mantenimiento e incluso para cubrir sus necesidades básicas en muchos casos, situación que condujo al abandono de la producción cafetalera o migración de las familias caficultoras en búsqueda de ingresos a las ciudades, y esto produjo el deterioro de las plantaciones de café en los ciclos subsiguientes. Esta difícil situación se ha agravado por la aparición paralela de eventos climáticos extremos conformados por períodos de sequía seguidos y por eventos de lluvias excesivas. Como resultado del descuido de las plantaciones y las lluvias extremas, se produjeron epidemias de roya en los últimos años, que causaron la pérdida de la producción, estimada entre un 20 % a un 40 % con variaciones entre los países productores ([Canet Brenes et al. 2016](#)).

2.2 Importancia económica y social de la caficultura en Centroamérica y el Caribe

La producción de café es de suma importancia económica para la región centroamericana y el Caribe; es uno de los principales cultivos de exportación agrícola, genera empleos en el año para aproximadamente 1.8 millones de personas y gran parte del cultivo pertenece a pequeños y medianos productores. El trabajo relacionado con el café es una fuente decisiva de ingresos para los hogares de áreas rurales de los países de la región, lugares donde las oportunidades de diversificación de medios de vida y cultivos no son abundantes. A pesar de que la producción de café ha decrecido en su participación en el PIB de estos países, las plantaciones cubren más de un millón de hectáreas. La mayoría de las fincas de café pertenecen a productores de pequeña escala, quienes sufren difíciles condiciones de vida, aunque en algunos casos, los grandes y medianos productores tienen participación importante de la producción. Además, el café representa 9 % del valor de las exportaciones de Centroamérica, sin embargo, en los casos de Nicaragua y Honduras, esta participación es mayor. En la región centroamericana, la producción de café tiene capital importancia como medio de vida para las

poblaciones rurales, pues en todos los países la caficultura es realizada mayoritariamente por pequeños productores ([Canet Brenes et al. 2016](#)).

Gran parte de los hogares agropecuarios pobres poseen pequeñas fincas, en general, en condiciones de una agricultura de subsistencia: el 57 % de los productores agrícolas centroamericanos disponen en promedio de menos de cinco hectáreas y habitan solo el 4 % de la superficie total. A partir del año 2011, ha ocurrido una disminución de la producción de café que ha causado un serio impacto en el empleo estacional, así como en la tasa de pobreza regional. En todos los países de la región, la mayor parte del problema de la pobreza está en el sector rural, con más del 60 % de las personas por debajo del umbral de la pobreza viviendo en zonas rurales. Las condiciones descritas son más graves en Guatemala y Honduras, donde más del 50 % de la población y el 70 % de los pobres viven en zonas rurales ([Canet Brenes et al. 2016](#)).

2.3 Características generales de República Dominicana

Población

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), la República Dominicana tiene 10.28 millones de habitantes, de los cuales 5.68 millones son hombres y 4.6 millones mujeres. La composición étnica de la población dominicana es de un 73 % multirracial, 16 % de blancos y 11 % de negros. Así mismo, la población multirracial es, principalmente, una mezcla entre europeos y africanos ([Real Aquino 2013](#)).

Nivel de pobreza

La pobreza es mayor y más aguda en las áreas rurales y entre las personas que se dedican a las actividades agrícolas. Sin embargo, la expansión económica de los 90 la redujo, mayormente por el aumento del ingreso promedio y en menor grado, debido a la mejoría en la distribución del ingreso: la reducción de la pobreza fue mayor en las áreas rurales y en los hogares cuyos jefes de familia trabajaban en el sector agrícola. La migración rural urbana y la migración laboral de actividades agrícolas hacia otras actividades en las zonas rurales fueron los factores más importantes para explicar la reducción de la pobreza rural ([FAO & INTEC 2004](#)).

El nivel de pobreza en la República Dominicana no está asociado con la producción de café. Los hogares cafetaleros pobres (67 %) son menos pobres que los hogares no cafetaleros de las mismas zonas (73 %), lo que determina que su nivel de pobreza no está necesariamente asociado al cultivo del café. Sin embargo, la pobreza de los productores está relacionada con la reducida extensión del 90 % de los predios, cuya escala no permite el ingreso mínimo para superar el umbral de pobreza. Este mismo autor estima que el 74 % de los hogares que poseen menos de tres hectáreas son pobres, mientras que el 81 % de los hogares que poseen más de 12 hectáreas no lo son ([CEPAL et al. 2018](#)).

Según [Susaña \(2012\)](#), el café es la fuente principal de ingresos para el 67 % de los miembros de hogares caficultores. La gran parte de las fincas de café son de pequeños productores, cuyas condiciones de vida son precarias en muchos casos.

Seguridad alimentaria

El suministro diario de alimentos per cápita aumentó en los últimos 40 años, pero la situación es frágil. El papel de la agricultura en la seguridad alimentaria ha estado condicionado por las políticas gubernamentales: autosuficiencia en la producción de arroz, el aumento en la dependencia de importaciones de insumos básicos para la producción de fuentes de grasa y proteína, la ruptura de los vínculos entre agricultura y agroindustria procesadora de los alimentos industrializados de la dieta básica dominicana ([FAO & INTEC 2004](#)).

Agricultura

Según el [Ministerio de agricultura \(2004\)](#), la agricultura es uno de los principales sectores productivos de la República Dominicana, participando de forma significativa en el PIB nacional. Igualmente, el sector agropecuario es el proveedor de alimentos básicos en la dieta dominicana, donde destaca el caso del arroz, que en los últimos años ha aumentado su producción hasta poder abastecer la demanda interior. En la parte socioeconómica, resaltan como más importantes las siguientes características del sector:

- ❖ *La agricultura dominicana, salvo excepciones, se caracteriza por un bajo nivel tecnológico, lo que hace que los productores dispongan de una menor capacidad de reacción tras la ocurrencia de fenómenos catastróficos.*
- ❖ *La aportación de este sector a la economía nacional, medida por el PIB, fue en el año 2000, del 11,1 %, con un valor de 736,6 millones de pesos dominicanos.*
- ❖ *Si bien el porcentaje de la aportación al PIB ha disminuido como consecuencia de una mayor participación de otros sectores, en valor absoluto se ha visto incrementada en los últimos años de forma sostenida.*
- ❖ *No obstante, es un hecho importante, que hay que tener en cuenta, que si bien este valor, medido en moneda nacional, presente un crecimiento alrededor del 41% en el período analizado en el estudio, valorado en dólares, se registra una tendencia decreciente del 21%.*
- ❖ *Se ha producido una redistribución entre los distintos subsectores agropecuarios, en la que cabe señalar la gran estabilidad que ha tenido el subsector agrícola, frente a la importancia creciente de la ganadería.*
- ❖ *En los últimos años, se ha venido desarrollando un proceso migratorio importante del campo a los centros urbanos. De acuerdo con las últimas estimaciones, la población rural dominicana actual representa el 39,4 % del total de la población, evaluada en 8,2 millones de personas.*
- ❖ *En lo referente al empleo, si bien hay una importante transferencia de la mano de obra rural a otros sectores productivos, la población dedicada a la actividad agropecuaria representa el 13,2 %, con una reducida tasa de desempleo, muy inferior a la existente en otros sectores.*

- ❖ *La estructura de la propiedad de la tierra está siendo afectada por el proceso migratorio que se está dando en la República Dominicana.*
- ❖ *Este proceso migratorio ha hecho que los pequeños productores vendan sus predios, dando como consecuencia una acumulación de tierras, hecho que queda demostrado en las últimas estadísticas, de las que se desprende que el 34,6 % de la superficie total agraria pertenece a fincas de más de 100 ha.*
- ❖ *Un hecho limitativo al desarrollo de posibles programas de seguros agrarios podría ser la carencia de un mercado formal de la tierra, así como los bajos niveles de titulación de propiedad.*

Es importante mencionar que, para 1990, la superficie sembrada total de cultivos agrícolas de la República Dominicana decreció alrededor del 16 % en la década de 1990, hasta alcanzar 550.000 ha en 1999. En esta disminución de área sembrada, se incluye el café ([CEPAL et al. 2018](#)).

2.4 Situación actual de los cafetales en República Dominicana

De acuerdo con [IICA \(2016\)](#), los efectos de la roya (*Hemileia Vastatrix*) en las plantaciones de café de República Dominicana han obligado a las autoridades y técnicos del Instituto Dominicano del Café (INDOCAFE), a desarrollar un plan de trabajo y estrategias, instalando viveros con producción de plantas resistentes a la roya, las cuales se distribuyen a los pequeños productores de todo el país, en procura de renovar y recuperar la producción de café nacional. Para tener una idea de los daños ocasionados en los últimos años a la caficultura dominicana, el país ha pasado de exportar 160,230 qq en 2005/06 a apenas 25,280 qq en los últimos años; representando una disminución de 134,950 qq equivalentes a una variación porcentual de -84.22 %. Estos datos demuestran las pérdidas registradas en el subsector cafetalero dominicano, con unos precios en el mercado internacional del café que van al alza, comparando las zafas 2012-2013 con 2014-2015 ([IICA 2016](#)).

La producción cafetalera de República Dominicana solo representa el 0,3 % de la producción mundial, encabezada por Brasil (36 %), seguida de Vietnam (17 %) y Colombia (10 %). El café de alta calidad de República Dominicana, generalmente, proviene de las zonas altas y de los sistemas de producción tradicionales bajo sombra; se cultivan seis tipos de café: Barahona, Azua, Baní, Ocoa, Cibao y Cibao Altura, los cuales son muy bien valorizados y considerados como café de calidad en distintos mercados internacionales ([Susaña 2012](#)).

La producción de café en República Dominicana ha decrecido a una tasa aproximada del 5 % anual en las últimas tres décadas, no de manera constante, sino en un patrón de altibajos. Los mayores volúmenes de producción fueron a principios de los ochenta, luego la producción decreció significativamente hasta mediados de la década de 1990. El período 1999-2004 fue de altibajos, mientras que el período 2000-2008 fue estable, con alrededor de 40.000 toneladas anuales. Para 2012-2013 se calculó que la roya afectó 105.000 hectáreas con una pérdida de 142.600 bultos de 60 kilogramos. En la República Dominicana, se perdieron 105.500 empleos y en total se vieron afectadas

250.000 personas. Después inició una caída que continúa hasta hoy. En ese sentido, la importancia del café dentro de la economía y del comercio se ha ido reduciendo y otros productos como las frutas han aumentado su importancia ([CEPAL et al. 2018](#)).

Actualmente, la producción de café en República Dominicana atraviesa un período de recuperación. Su baja rentabilidad ha provocado una disminución de los ingresos, desanimando a los jóvenes y provocando su migración hacia otras regiones, lo que agudiza las condiciones de pobreza.

2.5 Café y cambio climático en la República Dominicana

El sector cafetalero se distingue no solo por la diversidad de tamaño de los productores, sino también por la diversidad en los sistemas de producción. Generalmente, las variedades arábicas se cultivan en policultivos tradicionales y sistemas forestales. No obstante, las variedades robustas o híbridas desde la década del 1970 se cultivan en sistemas productivos a pleno sol y «tecnificados», estos sistemas generalmente enfocados en los rendimientos del café, utilizando variedades híbridas comerciales, gran cantidad de agroquímicos y mayor densidad de plantación. Los sistemas productivos anteriormente mencionados incluyen el policultivo comercial con una sola capa de sombra de diversas especies, una sola especie de sombra y monocultivo sin sombra. La diversidad de estos sistemas de producción, integrado con variaciones de suelo, altitud y clima local, disponibilidad y conocimiento de productores, requiere medidas de adaptación especificadas con los productores a nivel local ([CEPAL et al. 2018](#)).

De cara a desafíos del cambio climático, es deseable impulsar estrategias sustentables y adaptativas incluyentes, asociando las acciones de fortalecimiento de los medios de vida de las familias caficultoras y la disminución de la pobreza, con medidas que permitan incrementar la resiliencia frente al cambio climático y el aprovechamiento de economías bajas en carbono y sostenibles. Asimismo, los desafíos del cambio climático deben verse por sectores y referirse con respuestas distintas para el sector café, pero que estas posibiliten los aportes del sector público, privado, sector académico, organizaciones civiles y comunidad internacional. Dichas respuestas deben formar parte del plan de desarrollo nacional y de los programas relacionados a la reducción de la pobreza, con ímpetu para maximizar los beneficios y minimizar los costos de las acciones propuestas ([CEPAL et al. 2018](#)).

Se deben tomar en cuenta los elementos que desafían la producción cafetalera frente a la vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático, estos factores suelen ser: la migración de la población rural, el envejecimiento de los productores, la falta de acceso a servicios sociales, educativos y a un conjunto de servicios para la producción (v.g.: extensionismo, desarrollo de variedades y prácticas sostenibles, organización), la retención de mayor valor agregado (v.g.: acceso a instalaciones de procesamiento y capacidades de mercadeo) y el impacto de la mano de obra inmigrante haitiana ([CEPAL et al. 2018](#)).

Las instituciones que responden al reto del cambio climático en el sector cafetalero son varias. El CODOCAFE, que luego pasó a ser el INDOCAFE, se creó para la planificación, diseño y ejecución de la política de desarrollo. Esta institución gubernamental implementa el Programa Nacional para el Combate

de la Roya, el Plan Nacional de Aspersión a plantaciones con productos químicos y el Muestreo Nacional de Broca. Además, está el apoyo del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), quien se encarga de impulsar y ejecutar las políticas públicas de investigación agropecuaria y forestal a nivel nacional ([CEPAL et al. 2018](#)).

2.6 Aporte de servicios ecosistémicos a la producción de café en la República Dominicana

Desde la perspectiva del desarrollo sostenible, la producción de café en la República Dominicana basada en la agroforestería, además de dar sustento a numerosas familias dominicanas, provee valiosos servicios ambientales como protección de la biodiversidad, contra la erosión de suelos y de las cuencas hidrográficas. Al mismo tiempo, la baja productividad, asociada al manejo y mantenimiento de los árboles, el limitado acceso a procesos de beneficio y el resto de la cadena de valor, son áreas de mejora para la economía del pequeño productor y para reducciones de sus emisiones de GEI ([CEPAL et al. 2018](#)).

Los sistemas de producción de café van desde escenarios casi silvestres a mecanizados, es decir, con el empleo intensivo de insumos químicos. El sistema de producción empleado es el resultado de condiciones económicas, socioculturales, y ecológicas ([Nestel 1995](#)). Por su parte, la siembra de plantas de café bajo sombra de árboles preexistentes se refiere a los métodos tradicionales de producción, estos métodos ayudan con el desarrollo de SAF integrados, donde el ingreso de los agricultores no solo provenga del café, sino de la madera y otros productos agroforestales del dosel de sombra, y se aprovechan sus servicios ambientales como el control de plagas o la polinización ([CEPAL et al. 2018](#)).

Del clima, la elevación y el tipo de suelo dependen la elección de variedades aptas de café y de los árboles de sombra con los que asocien este cultivo. Sin embargo, aun reconociendo los beneficios ecológicos de los métodos de producción en sistemas agroforestales, en los últimos años se ha generado una tendencia hacia la producción a pleno sol (monocultivo tecnificado), debido a que el rendimiento del cultivo es mayor en buenos suelos y clima adecuado. Sin embargo, este método ha favorecido el incremento de los costos de producción, así como la resistencia a los plaguicidas y han incrementado los riesgos para la salud humana y el ambiente ([CEPAL et al. 2018](#)).

En el caso de los costos ambientales, la producción de café puede colaborar en apresurar o reducir la contribución de la agricultura al cambio climático, debido a que, por una parte, estas plantaciones almacenan carbono tanto en el suelo como en la vegetación; pero, por la otra parte, la producción de café es emisora de GEI, aunque las técnicas para medir su huella no prueban los cálculos con los beneficios ambientales del cultivo ([CEPAL et al. 2018](#)).

2.7 Producción diversificada en el cultivo del café

El objetivo principal de los SAF se basa en mejorar los medios de vida de los agricultores mediante el aumento general de la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad, considerando la diversificación y la provisión de servicios ecosistémicos. Los hogares pobres de familias cafetaleras en República Dominicana son diversificados, por cada diez tareas de la finca, hay 6,5 tareas de café y 3,5 tareas

dedicadas a otros productos, generalmente el guineo (banano), aguacate y cítricos; mientras que en los hogares de familias cafetaleras no pobres, la diversificación comprende el 25 % ([Susaña 2012](#)). Una tarea es igual a 628,86 metros cuadrados ([País 2019](#)).

El café se cultiva en zonas que coinciden con altos niveles de biodiversidad y donde los medios de vida dependen de los bosques y sus servicios. En el caso de Perú, una de las opciones de manejo más ampliamente discutidas, tanto desde una perspectiva ecológica como económica, es la presencia de árboles de sombra en una plantación de café y su estructura. Al mismo tiempo, estos productores de café tienen un efecto significativo en la conformación del paisaje, debido a que las plantaciones de café a menudo se establecen en tierras que fueron previamente forestales, dando como resultado la deforestación y la degradación. Se prevé que la pérdida de servicios ambientales asociados, tales como las plagas naturales o el control de la erosión, aumente la vulnerabilidad de los agricultores. Los sistemas más complejos, tales como los sistemas agroforestales y la biodiversidad asociada, son conocidos por proporcionar servicios ambientales, pero el alcance de estos beneficios (a menudo indirectos) no es claro, especialmente en comparación a los sistemas con manejo intensificado ([Jezeer & Verweij 2015](#)).

2.7.1 Importancia de la biodiversidad para los productores de café

Los cultivos bajo sombra son conocidos por proveer hábitats a diferentes grupos de animales y, por lo tanto, respaldan a una comunidad de la fauna más diversa que los sistemas sin sombra. Esta mayor biodiversidad y las más complejas estructuras de la vegetación se han asociado con diferentes servicios de los ecosistemas. El posible efecto del control de plagas naturales es particularmente importante, ya que los daños causados por las plagas y enfermedades plantean grandes riesgos para los pequeños productores de café. La evidencia empírica de varios estudios sugiere que, por ejemplo, las aves pueden desempeñar un papel importante minimizando los efectos de las plagas. Se espera que los servicios del ecosistema proporcionados por la biodiversidad contribuyan positivamente a los medios de vida de los agricultores y aumenten la resiliencia por las plagas y enfermedades. Por otro lado, los sistemas de café bajo sombra ayudan a mantener los paisajes que, de otra forma, serían mucho más pobres en biodiversidad ([Jezeer & Verweij 2015](#)).

Según un estudio realizado en Perú y Guatemala, sobre la intensificación agrícola en agroforestería: el caso del café y los productos de madera; en comparación con el valor ambiental y de conservación como refugios para la biodiversidad, se contrastó que se sabe poco sobre el valor social y económico de los sistemas de café a la sombra. El sistema agroforestal puede servir como una fuente de productos que no sean de café para diversos propósitos. Este estudio se centró en el papel de los árboles de sombra en las fincas de café de los pequeños agricultores, examinando los productos de madera derivados del sistema de café a la sombra. Los datos presentados a partir de encuestas con 185 productores en Perú y 153 en Guatemala mostraron que el consumo y la venta de todos los productos que no son de café representan de un quinto a un tercio del valor total obtenido del sistema agroforestal; la leña y los materiales de construcción representan gran parte de este valor. Las diferencias observadas entre los países se pueden atribuir a la intensificación agrícola: el grado en que el sistema agroforestal del café está "tecnificado" (es decir, se gestiona con una cobertura y diversidad de árboles de sombra,

cultivares de alto rendimiento, insumos agroquímicos, etc.). como la demanda relativa de recursos madereros y el acceso de los agricultores a los sistemas forestales naturales ([Rice 2008](#)).

2.8 Beneficios de producir café en sistemas agroforestales

De acuerdo con [Pinoargote et al. \(2017\)](#), se realizó un estudio en Nicaragua, donde se buscó identificar sistemas agroforestales con café que simultáneamente generaran ganancias financieras, proporcionando bienes para la familia, consumo y almacenar cantidades significativas de carbono en el suelo de biomasa. Como resultado, se comprobó que el café generó la mayor cantidad de ganancias, pero todos los demás productos agroforestales contribuyen positivamente al flujo de caja neto, el ingreso neto y los beneficios familiares. Sin embargo, las plantaciones de café bajo sombra, el consumo y venta de café, las frutas, la madera y otros productos agroforestales igualan los retornos de plantaciones de café a pleno sol.

Estudios como el mencionado anteriormente demuestran los beneficios de producir café en sistemas agroforestales. Para encontrar plantaciones de café a la sombra con altos rendimientos y ganancias atractivas (café y otros productos agroforestales), al tiempo que conserva importantes cantidades de carbono en madera sobre suelo, buena cosecha (café) y manejo (fertilización inorgánica, control de plagas y enfermedades, y la poda anual del café), es un requisito previo para realizar estas sinergias ([Pinoargote et al. 2017](#)).

Por otra parte, según un estudio realizado en el suroeste de China ([Rigal et al. 2018](#)), en 2012, las autoridades locales iniciaron un programa de conversión a gran escala de fincas de café en monocultivos hacia los sistemas agroforestales de café para promover el “café ecológico”. Se llevaron a cabo inventarios y entrevistas de hogares en dos provincias para caracterizar las fincas de café y el Conocimiento Ecológico Local (LEK) de los agricultores sobre la provisión de servicios ecosistémicos por especies arbóreas asociadas. Este estudio sobre los nuevos sistemas de cultivo de café emergentes reveló un alto nivel de diversidad de especies de árboles tanto a nivel de finca como de paisaje; además, este estudio revela que dicho LEK es un tipo de conocimiento híbrido que aún se basa, principalmente, en el conocimiento tradicional de las especies de árboles combinado con la experiencia adquirida de las prácticas de agroforestería de café recientemente implementadas y señaló las brechas de conocimiento sobre el impacto de los árboles maduros en el café: rendimiento, calidad del café y control de plagas.

2.9 Estimación de servicios de provisión

El valor monetario de los servicios ecosistémicos ha sido tradicionalmente conceptualizado desde la Economía Ambiental bajo el término de valor económico total ([Lecca & Huatuco 2015](#)), el mismo está compuesto por el valor de uso y de no uso. El valor de uso incluye un beneficio obtenido directamente del ecosistema, mientras que el valor de no uso está relacionado con el agrado personal procedente del conocimiento de qué especies o ecosistemas existen, es decir, valor de existencia. El valor de uso se obtiene del valor de uso directo, dividido en valor de uso directo extractivo, el cual está claramente relacionado con los servicios culturales, con distintos servicios de regulación, y el valor de opción con la importancia de conservar el suministro de todos los servicios en el futuro. Cada uno de estos tipos de

valor aparece directamente vinculado con diferentes tipos de servicios y con distintas metodologías de valoración ([Martín-López & Montes 2010](#)) (**Figura 1**).

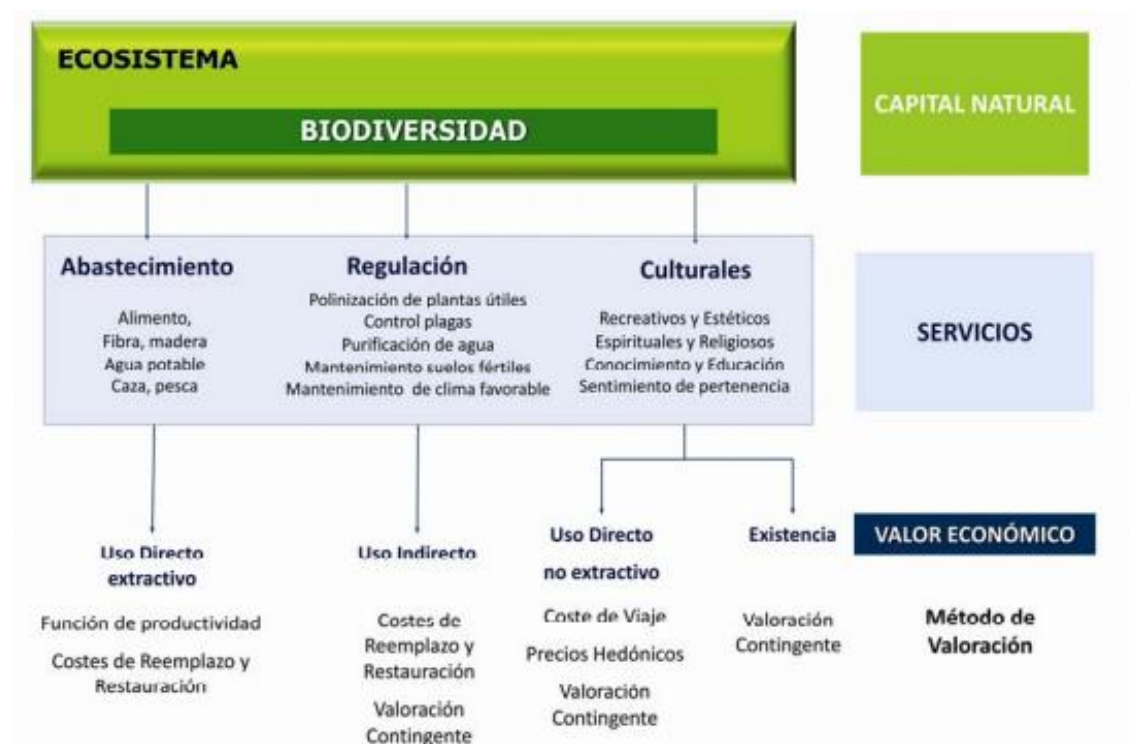


Figura 1. Técnicas para priorizar los actores sociales basados en el grado de influencia y en la importancia con respecto a los servicios ecosistémicos. Fuente: ([Martín-López & Montes 2010](#)).

La biodiversidad que admite los servicios de los ecosistemas provee la plataforma básica para mantener las funciones que brindan los mismos. Esta técnica persigue indagar acerca de cuánta y cómo es la estructura esencial para proveer al ser humano de los servicios ecosistémicos necesarios para el mantenimiento de su bienestar y proporcionar información efectiva para la gestión de espacios naturales. La guía de evaluación de los servicios suministrados por los ecosistemas está basada en varias etapas: (1) la caracterización de socio ecosistemas, (2) la identificación de las unidades suministradoras de servicios, (3) identificación de los actores sociales, (4) valoración monetaria de eco-servicios, y (5) el análisis de trade-off entre diferentes actores sociales, así como potenciales conflictos sociales ([Martín-López & Montes 2010](#)) (**Figura 2**).

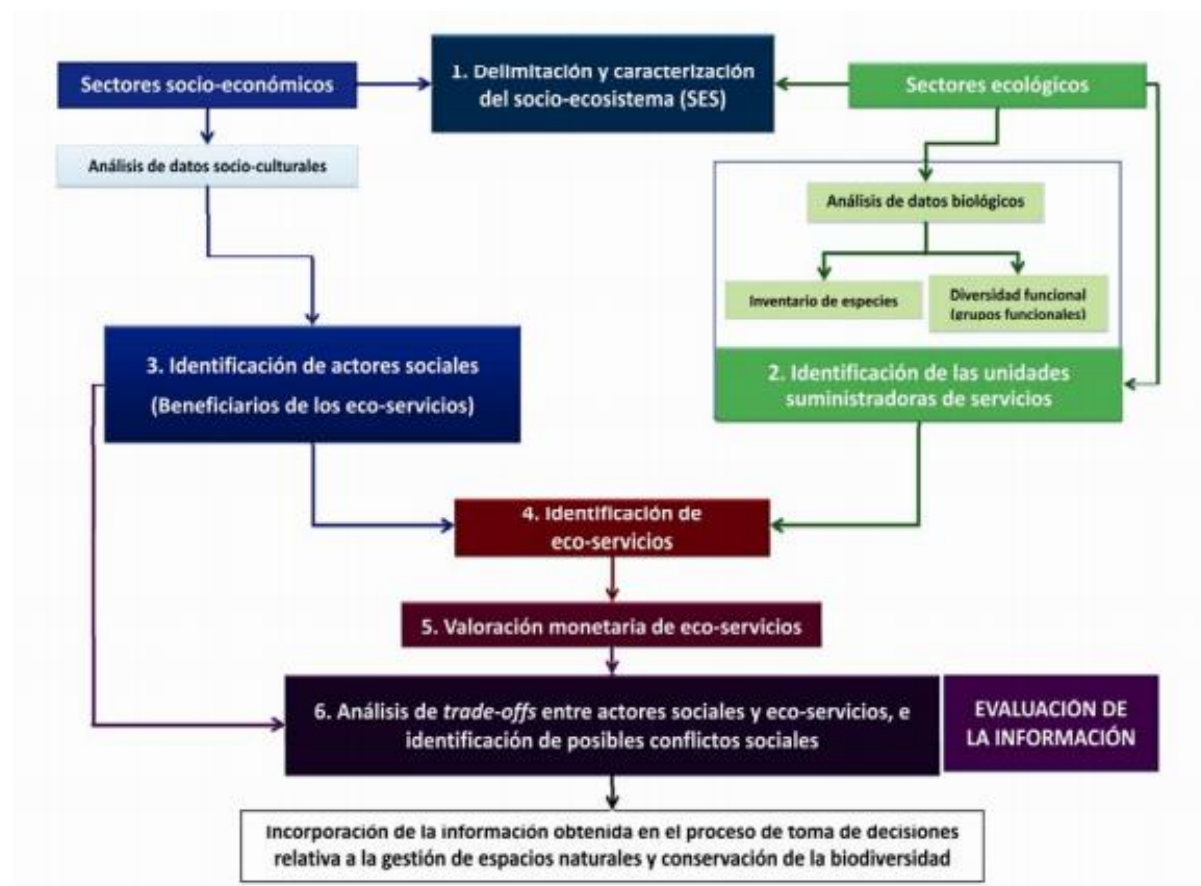


Figura 2. Identificación y evaluación de los servicios suministrados por los ecosistemas. Fuente: (Martín-López & Montes 2010).

Según un estudio realizado en la región de Turrialba, Costa Rica (Cerdeña 2016), se cuantificaron cuatro servicios ecosistémicos principales (regulación de plagas y enfermedades, aprovisionamiento de productos agroforestales, mantenimiento de la fertilidad del suelo y secuestro de carbono) en 69 agroecosistemas de café pertenecientes a pequeños agricultores en un rango de altitudes. En primer lugar, se analizaron los efectos individuales de la altitud, los tipos de sombra y la intensidad de manejo y sus interacciones en la provisión de servicios ecosistémicos. Para identificar posibles compromisos y sinergias, luego analizaron las relaciones bivariadas entre los diferentes servicios de los ecosistemas y entre los servicios de los ecosistemas individuales y la biodiversidad de las plantas. También se exploró qué tipos de sombra proporcionaban mejores niveles de servicios ecosistémicos.

La efectividad de los diferentes tipos de sombra en la prestación de servicios ecosistémicos dependía de sus interacciones con la altitud y la gestión del café, además, los diferentes servicios ecosistémicos respondían de manera diferente a estos factores. No se encontraron compensaciones entre los diferentes servicios ecosistémicos estudiados o entre los servicios ecosistémicos y la biodiversidad, lo que sugiere que es posible aumentar la provisión de múltiples servicios ecosistémicos al mismo tiempo. En general, los SAFC tanto bajos como altamente diversificados tenían mejor capacidad para proporcionar servicios de los ecosistemas que los monocultivos de café a pleno sol. Sobre la base de

los hallazgos, en este estudio se sugiere que los SAFC se diseñen con toldos de sombra productivos y diversificados y se administren con una intensidad media de prácticas de cultivo, con el objetivo de garantizar la prestación continua de múltiples servicios de los ecosistemas.

2.10 Relación entre servicios de provisión: producción y economía

De acuerdo con la [FAO \(2019\)](#): *agua, alimentos, madera y otros bienes son algunos de los beneficios materiales que las personas obtienen de los ecosistemas y que se conocen como "servicios de provisión/abastecimiento". Muchos de los servicios de abastecimiento se comercializan en los mercados. Sin embargo, en muchas regiones, los hogares rurales también dependen directamente de los servicios de abastecimiento para su subsistencia. En este caso, el valor de los servicios puede ser mucho más importante del que reflejan los precios que alcanzan en los mercados locales.*

La interacción entre los diferentes sistemas de producción y los tipos de servicios ecosistémicos, según la tipología establecida en la economía de los ecosistemas y la biodiversidad (TEEB), es la siguiente:

Alimentos: se puede decir que todos los ecosistemas proporcionan los escenarios necesarios para el cultivo, la recolección, la caza o la cosecha de alimentos.

Materias primas: los ecosistemas brindan una gran diversidad de materias, como la madera, las fibras de especies vegetales y animales.

Agua dulce: los ecosistemas desempeñan un papel fundamental en el suministro y almacenamiento de agua dulce.

Recursos medicinales: los ecosistemas naturales proporcionan una diversidad de especies de plantas que brindan remedios eficaces para muchos quebrantos de salud. Se utilizan en la medicina tradicional, así como la elaboración de productos farmacéuticos.

2.10.1 Importancia de los servicios ecosistémicos

Comprender la importancia de los servicios ecosistémicos implica asimilar el enorme potencial para mantener y mejorar la calidad de vida de las familias agricultoras, de acuerdo con [VALUES \(2019\)](#), los servicios ecosistémicos son importantes porque se relacionan con:

- ❖ **Contribución al bienestar:** los servicios ecosistémicos contribuyen directamente al bienestar humano al proveer alimento y refugio, pero también al contribuir a mantener la salud, recreación, inspiración espiritual e identidad cultural.
- ❖ **Aportación a economías regionales:** en muchos sitios, la naturaleza es la aportación más importante a la economía regional, proveyendo materia prima, agua pura y buenas condiciones ambientales para el desarrollo de la industria, agricultura y el sector de servicios.

- ❖ Soluciones naturales eficientes: la naturaleza garantiza la provisión de agua pura, protege de la erosión y las sequías, y provee muchos otros beneficios sin que se pague por ellos. Si se planea y gestiona cuidadosamente, las soluciones basadas en el manejo de ecosistemas pueden funcionar de un modo mucho más efectivo y eficiente que las soluciones basadas en “infraestructura construida”.

La biodiversidad y los servicios ecosistémicos son de los elementos importantes que brinda la naturaleza, vitales para lograr el bienestar humano. Integrar la “Economía de los ecosistemas y la biodiversidad” puede ser determinante para proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, así como mejorar la calidad de vida de caficultores y futuras generaciones.

Las compensaciones no solo se pueden hacer en lo que respecta a la biodiversidad y los ecosistemas, más aún si un ecosistema significativo deja de suministrar servicios de abastecimiento o regulación, así como si la biodiversidad sufre pérdidas. Evaluar las compensaciones mediante análisis de costes beneficios y la técnica del descuento funciona sobre todo en el caso de elecciones marginales que apenas perturban el crecimiento. En todo caso, hay que tener en cuenta que en cualquier elección humana hay una relación de compensación, ya sea explícita o implícitamente (**Figura 3**). El hecho de crear un límite de hasta dónde deben o no emplearse compensaciones ya es una compensación en sí ([Europeas 2008](#)).

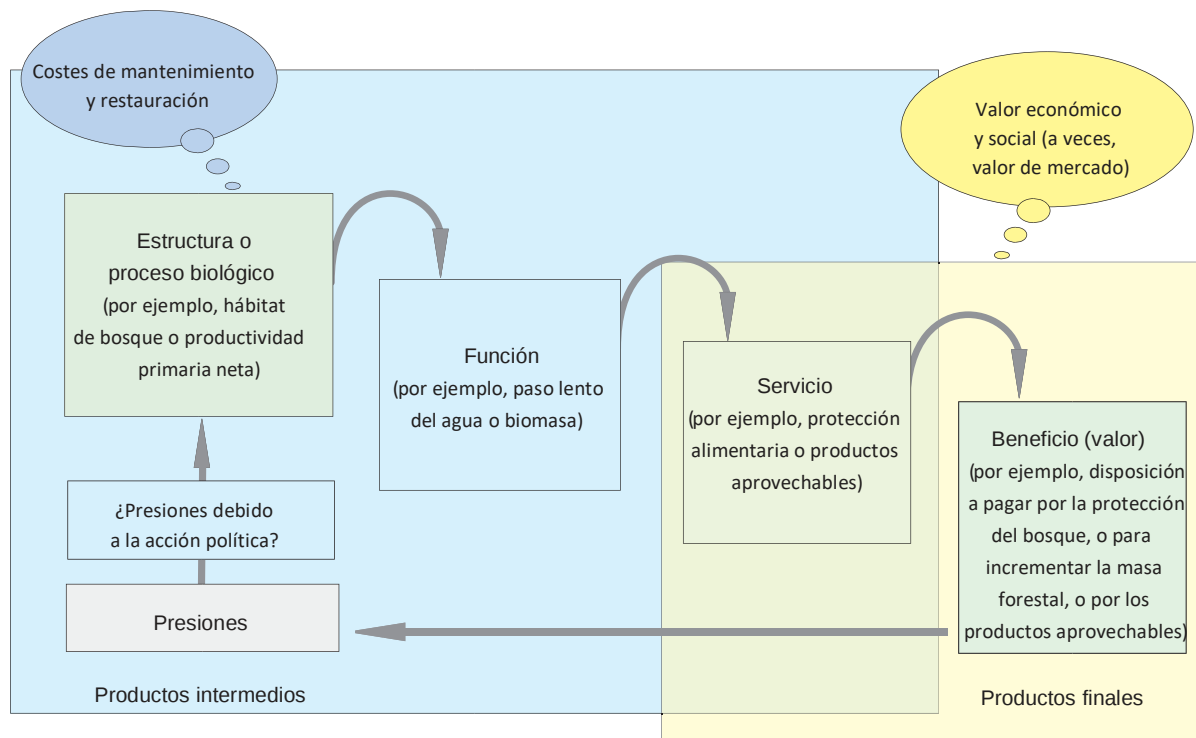


Figura 3. Relación entre la biodiversidad y la producción de servicios ecosistémicos. Fuente: ([Europeas 2008](#)).

2.11 Relación de ingresos y beneficios tangibles de la biodiversidad en sistemas agroforestales

Todas las relaciones que existen entre la diversidad de especies y el funcionamiento del agroecosistema son temas fundamentales de la teoría ecológica. Los beneficios esperados de la biodiversidad son una mayor estabilidad del sistema, a través de una mayor resistencia contra plagas o enfermedades ([Ratnadass et al. 2012](#)); mayor exploración de recursos y productividad a través de extensiones de nicho ([Weiher & Keddy 2001](#)), además de que, probablemente, aumenta la eficiencia causada por la estimulación de interacciones positivas de especies ([Cardinale et al. 2002](#)). Las formas de tales relaciones y posibles umbrales de diversidad han sido muy debatidas; la diversidad funcional puede ser más relevante que la diversidad taxonómica ([Diaz & Cabido 2001](#)).

Desde un enfoque económico, la diversidad tiene ventajas y desventajas. De acuerdo con [Altieri et al. \(2012\)](#), la diversidad puede reducir riesgos, pero también aumentar la complejidad de la gestión de la misma; la baja diversidad y concentración de inversiones en pocos componentes de un sistema permite el desarrollo de escala, tanto en la gestión como en la venta de productos ([ROSA et al. 2009](#)). Sin embargo, la diversidad de especies puede aumentar la resiliencia, sirviendo como seguro contra eventos inesperados y puede suministrar componentes que faciliten la renovación después de perturbaciones ([Berkes et al. 2008](#)). Por otra parte, según [Cardozo et al. \(2015\)](#), desde la perspectiva del mercado, la diversidad de productos reduce los riesgos del mercado.

La actividad taxonómica o funcional es importante para el funcionamiento de los ecosistemas. En relación con los monocultivos, los sistemas agroforestales podrían tener una mayor productividad (expansión en nicho, explotación de recursos mejorada) ([Cannell et al. 1996](#)), pero, además, reduce los efectos de escala y aumenta los costos de comercialización ([Souza et al. 2012](#)).

Tomando solo las especies productivas (que clasifican los beneficios de autoconsumo comercial o no monetario), la riqueza y la diversidad de las especies agroforestales, se relacionan positivamente con el ingreso no monetario, el ingreso neto y la relación ingreso/costo (eficiencia). Es decir, las fuertes relaciones con el ingreso neto y la relación ingreso/costo, apuntan a un aumento de la eficiencia, probablemente generado por las sinergias entre las especies agroforestales ([García-Barrios & Ong 2004](#)).

Además de los efectos positivos de la biodiversidad ecológica, son importantes otros beneficios socioeconómicos de la diversidad de especies agroforestales: a) mejor distribución en el tiempo de las demandas laborales y la generación de ingresos, y b) una reducción (financiera y no financiera) de riesgos. Por otra parte, los ingresos en alimentos y otros productos también se distribuyen de manera muy desigual, con fases críticas de bajos ingresos durante la estación seca y al comienzo de la temporada de lluvias ([Huss-Ashmore & Goodman 1988](#)).

2.12 Potencial de sistemas agroforestales en la seguridad alimentaria

De acuerdo con [Bolzán y Mercer \(2009\)](#), *la seguridad alimentaria debe ser entendida como un derecho al acceso a una alimentación socialmente aceptable, variada y suficiente para desarrollar la vida.*

Gran parte de los campesinos en conjunto con organizaciones rurales, en las últimas décadas, han incentivado las alternativas agroecológicas, como policultivos, integración de cultivos y sistemas agroforestales, con el objetivo de incrementar la producción y la conservación de los recursos naturales ([Altieri & Nicholls 2012](#)). Análisis de proyectos agroecológicos demuestran que combinaciones de cultivos tradicionales y animales pueden mejorar la producción de cultivos. Además, se consigue una ampliación de la biodiversidad agrícola y efectos positivos asociados con la seguridad alimentaria de las familias ([Altieri & Nicholls 2012](#)). Se entiende por seguridad alimentaria al bienestar físico, económico y social de los alimentos; la humanidad se encuentra en derecho de gozar de ella, con la intención de asegurar su consecuente desarrollo ([Palacios et al. 2011](#)).

Según [Ospina Ante \(2003\)](#), gran parte los sistemas agroforestales compensan los requerimientos nutricionales de la dieta familiar. La extensa cadena de alimentos que son cultivados en sistemas agroforestales ofrecen a las familias rurales y a la comunidad un equilibrio de fuentes importantes de proteínas, vitaminas, carbohidratos y grasas esenciales ([Palacios et al. 2011](#)).

Desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, los sistemas agroforestales deben ser diseñados, tomando en consideración minimizar la competencia entre los árboles. El espacio entre los árboles debe permitir la entrada de luz a los cultivos. No obstante, los sistemas agroforestales son de gran importancia en la transformación de la agricultura, incrementando la productividad de manera sostenible, contribuyendo a la resiliencia, reducción de gases de efecto invernadero y al logro de metas de seguridad alimentaria ([Montagnini & Metzel 2015](#)).

En los SAF café existen diversos frutales, dentro de las frutas con mayor consumo y que tienen un aporte nutricional significativo (Tabla 2) tenemos: naranja, zapote y banano ([Sáenz 2012](#)).

Tabla 2. Composición nutricional de especies frutales

Componente	Naranja sp.)	(Citrus	Zapote (Pouteria sapota)	Banano sp.)	(Musa
Vitamina A	34 µg		25 µg	60 µg	
Hierro	0.7 mg		0.7 mg	3.7 mg	
Proteína	0.8 g		1.3 g	1.2 g	
Carbohidratos totales	10.5 g		37.3 g	28.9 g	
Vitamina C	72 mg		40 mg	10.0 mg	

Fuente: ([Sáenz 2012](#)).

2.12.1 Sistema alimentario y diversidad nutricional

Según [FAO \(2017\)](#), un sistema alimentario es la suma de los diversos elementos, actividades y actores que, mediante sus interrelaciones, hacen posible la producción, transformación, distribución y consumo de alimentos (**Figura 4**).

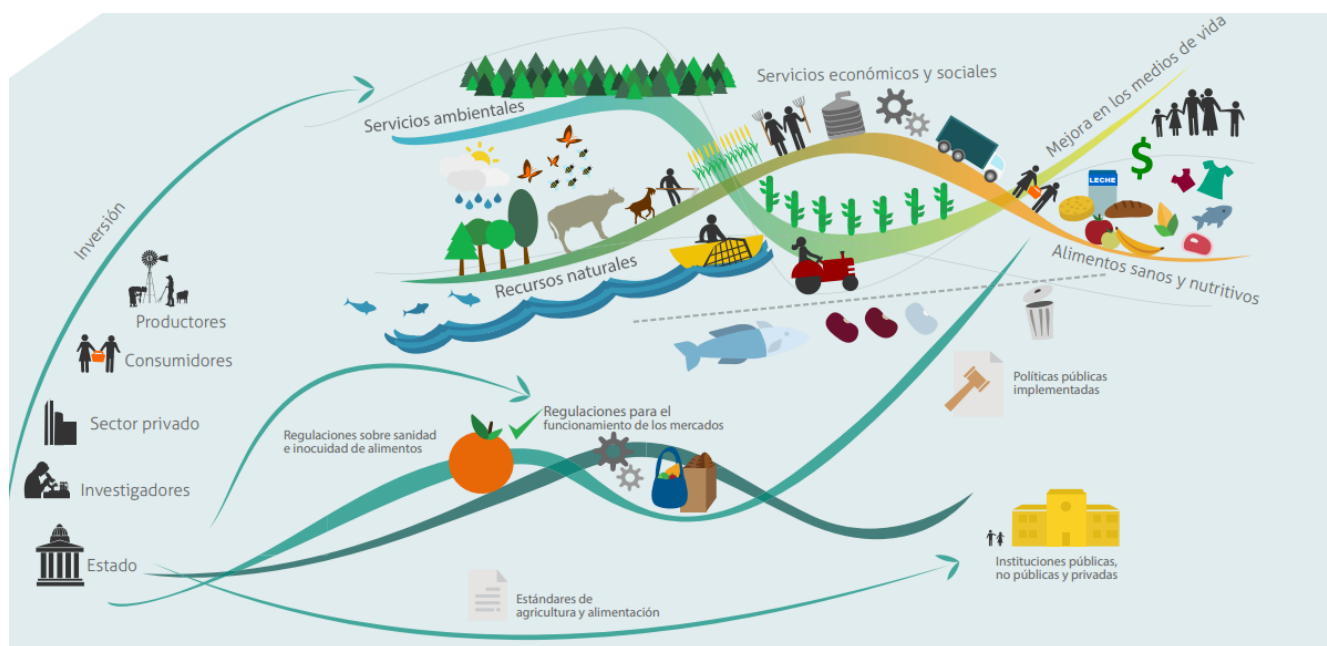


Figura 4. Sistema alimentario. Fuente: (FAO 2017).

Un sistema alimentario interactúa con muchos otros sistemas y es influido por factores económicos, sociales, geopolíticos y ambientales; asimismo, retroalimentan y actúan sobre dichos factores. Los sistemas alimentarios manejan múltiples cadenas de valor agroalimentarias relacionadas en ambientes dinámicos e interactivos. Por lo tanto, el sistema alimentario puede alcanzar la seguridad alimentaria, generando servicios ecosistémicos, proporcionando alimentos sanos y nutritivos y, de esa manera, mejorando los medios de vida de las familias rurales ([FAO 2017](#)).

Por otra parte, la ecología ha demostrado que, si aumenta la biodiversidad, puede aumentar la productividad cuando las especies se complementan entre sí. Los ecólogos se han centrado poco en el rol que cumplen los ecosistemas en suministrar los elementos esenciales y nutrientes a la dieta humana. La agrobiodiversidad agrícola aumenta la capacidad para proporcionar una multitud de funciones nutricionales. En ese sentido, correlacionar la diversidad agrícola con la nutrición humana sigue siendo difícil por numerosas razones, incluyendo limitaciones éticas para trabajar con sujetos humanos ([DeClerck et al. 2011](#)).

2.12.2 Sistema alimentario sostenible

Un sistema alimentario sostenible es el cual proporciona una alimentación nutritiva y accesible para todos y en el que la gestión de los recursos naturales conserve los ecosistemas, de manera que se respalde la satisfacción de las necesidades humanas actuales y futuras ([Agricultura. & Salud 2017](#)).

2.12.2.1 Dietas

De acuerdo con [CSA \(2018a\)](#), *las dietas comprenden los alimentos individuales que consume una persona, y los hábitos dietéticos son las cantidades, proporciones y combinaciones de diferentes alimentos y bebidas en las dietas y la frecuencia a la que se consumen habitualmente.*

Las dietas deben satisfacer las necesidades de energía y suministrar una diversidad de alimentos de alta calidad nutricional. Esas dietas deben ser de fácil acceso, su consumo debe ser inocuo y culturalmente apropiadas ([CSA 2018a](#)).

3. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Ubicación de la zona de estudio

República Dominicana ocupa algo más de los dos tercios orientales de isla La Española, en el archipiélago de las Antillas Mayores. La otra parte de la isla está ocupada por Haití, por lo tanto, La Española está compartida por dos países. República Dominicana es el segundo país más grande del Caribe después de Cuba, con una extensión es de 48,422 KM², incluyendo el territorio de las islas adyacentes; Saona (117 k.m.²) Catalina y Catalinita (**Figura 5**) ([Real Aquino 2013](#)).

Geográficamente, la isla se encuentra situada entre los paralelos 17° 36' (Cabo Beata) y 19° 58' (Cabo Isabela) de latitud norte y entre los meridianos 68° 19' (Cabo Engaño) y 74° 31' (Cabo Iris) de longitud oeste, excluyendo islas adyacentes. La República Dominicana cuenta con coordenadas geográficas de 17° 36' - 19° 58' latitud norte y 68° 19' - 72° 01' longitud oeste, y se encuentra en la región subtropical de huracanes ([García-Senz et al. 2010](#)). Su insularidad y pequeña superficie permiten hacer que la influencia marítima predomine en los patrones climáticos generales ([Aybar & de los Angeles 2013](#)).



Figura 5. Localización geográfica de la República Dominicana. Fuente: (Aybar y de los Ángeles 2013).

El presente estudio se realizó en las principales regiones cafetaleras de la República Dominicana: cordillera septentrional, cordillera oriental, cordillera central y suroeste (sierra de Neyba y sierra de Batoruco) (**Figura 6**); las zonas cafetaleras del país están centradas en la región Cibao central con una superficie de 18,891.68 Km² y en la región sur con una superficie de 17,288.46 Km² ([Meriño 1898](#)).

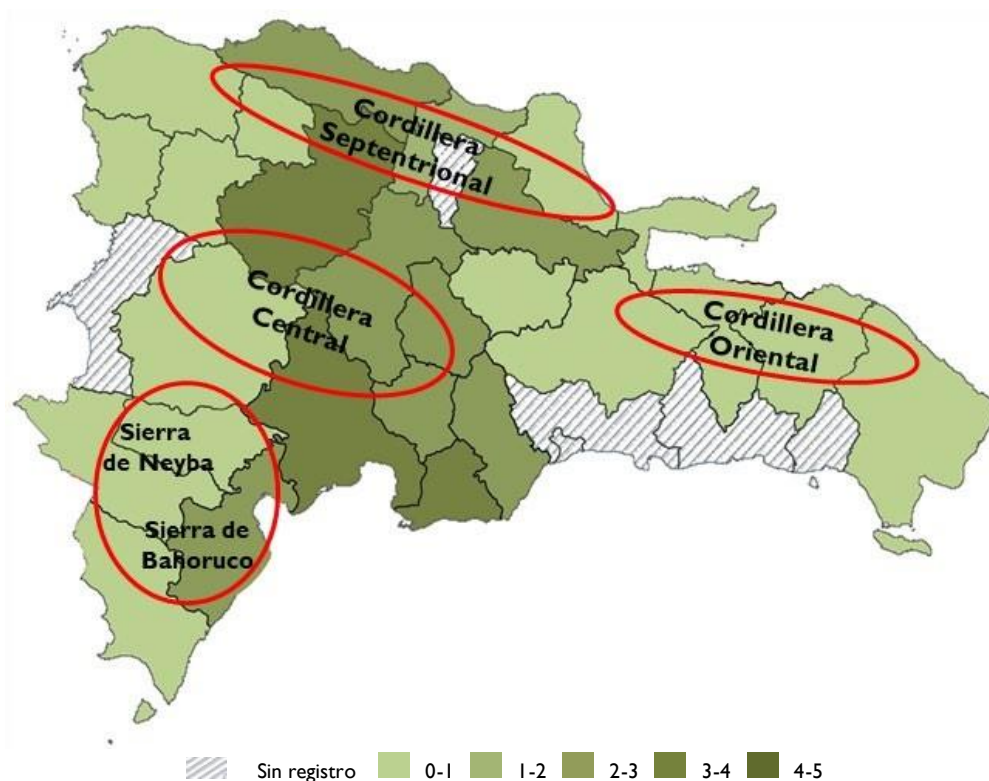


Figura 6. Zonas cafetaleras y producción de café en República Dominicana. Fuente: (CEPAL et al. 2018).

Según CEPAL et al. (2018), la zona cafetalera de la región norte, ubicada en la Cordillera Septentrional y en la parte noroeste de la Cordillera Central, con una superficie cultivada de 28.358 ha, representa el 24 % de la superficie cultivada total y agrupa al 25 % de las fincas cafetaleras (alrededor de 11.000 fincas). La región norcentral, ubicada en la parte norte de la Cordillera Central, con una superficie de 15.447 ha, representa 13 % de la superficie cultivada de café y agrupa al 14 % de las fincas cafetaleras, principalmente en las provincias Monseñor Nouel, La Vega y Hermanas Mirabal. La región suroeste, ubicada en la Sierra de Bahoruco y al sur de la Sierra de Neyba, con una superficie de 10.585 ha, representa el 9 % de la superficie cultivada y agrupa al 9 % de las fincas cafetaleras (alrededor de 4.000 fincas). La zona cafetalera formada por las regiones agropecuarias noroeste, nordeste y este, que no tienen un peso muy importante en la producción de café, representan el 10 % del total de la superficie cultivada, con alrededor de 12.426 ha donde se ubica el 14 % de las fincas. En general, esta zona no es muy apta para el cultivo.

No obstante, este estudio se llevó a cabo con el apoyo del Instituto Dominicano del Café (INDOCAFE) y se tomaron en consideración siete de ocho regiones que el instituto entiende como cafetaleras; no se consideró la regional noreste, debido a que el manejo de fincas verificadas de esta regional no fue similar al de las demás regionales (**Figura 7**).

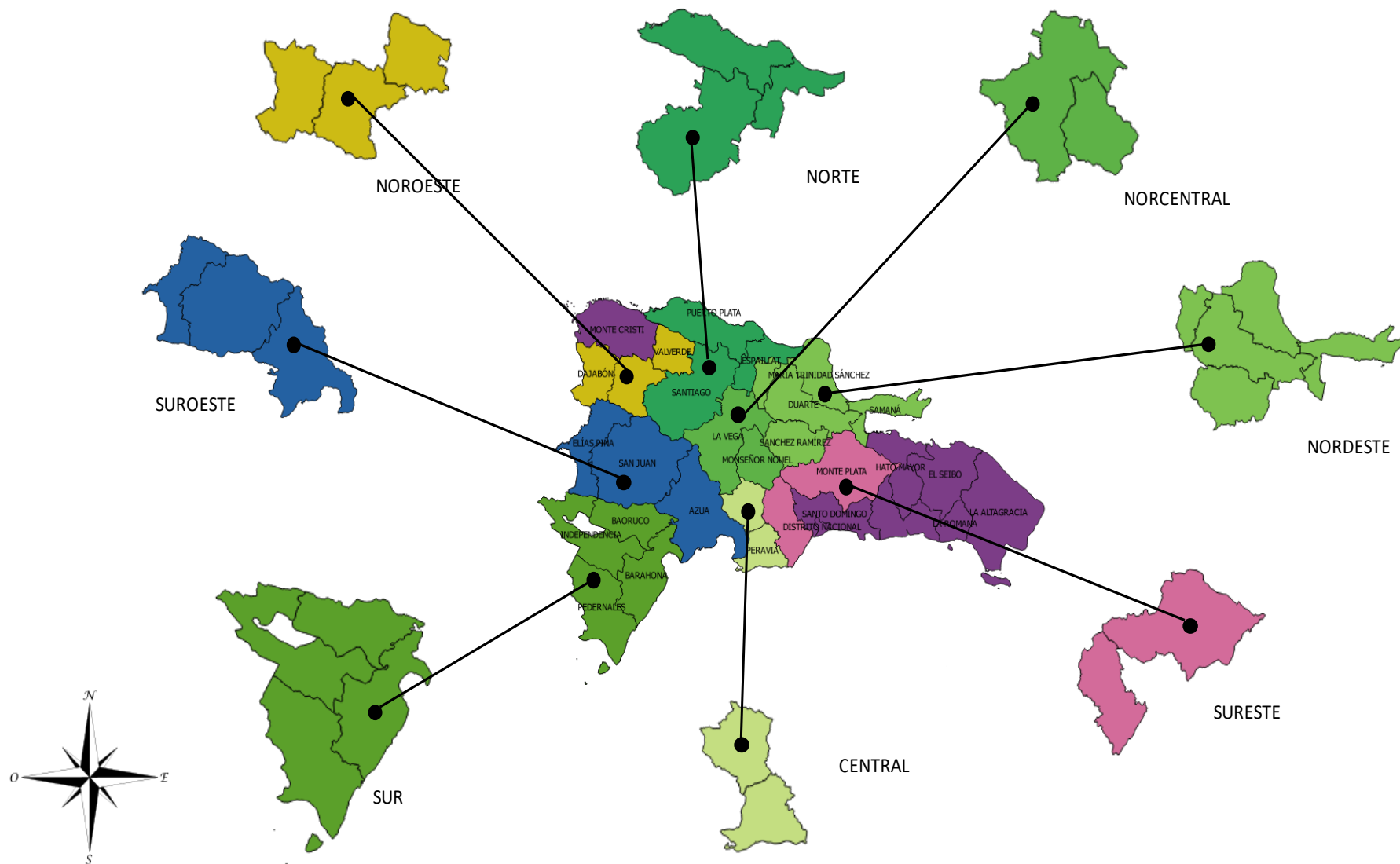


Figura 7. Regionales del Instituto Dominicano del Café en la República Dominicana. Las provincias no señaladas (color morado oscuro) carecen de regional por la ausencia del cultivo del café: Fuente: ([Pulido-Blanco 2019](#)).

3.2 Características climáticas de la zona de estudio

Clima y precipitación

Según [Aybar y de los Ángeles \(2013\)](#), la República Dominicana está situada a 19° de latitud norte y tiene características de un clima subtropical influenciado por los vientos alisios del noreste y la topografía del país; las variaciones climáticas van desde semiárido a muy húmedo. Su clima es similar al de las otras Antillas Mayores (Cuba, Jamaica y Puerto Rico), debido a su latitud y a los sistemas de alta presión intervenidos por el sistema del Atlántico medio. La temperatura media anual es de 25° centígrados, con algunas variaciones estacionales.

La precipitación media anual varía de 455 mm para la Hoya de Enriquillo (Valle de Neiba) a 2,743 mm a lo largo de la costa noreste. Se pueden notar dos estaciones de lluvias, de abril a junio y de septiembre a noviembre. Generalmente del período diciembre a marzo es menos lluvioso. La República Dominicana se encuentra en una región definida por huracanes tropicales y ocurren, eventualmente, entre los meses de agosto y noviembre, pudiendo ocasionar daños por fuertes lluvias, vientos y mareas altas ([Castellanos Verdugo & Orgaz Agüera 2013](#)).

3.3 Estructura de la investigación.

La estructura metodológica de la investigación consta de tres etapas generales, para alcanzar los objetivos propuestos (**Figura 8**).

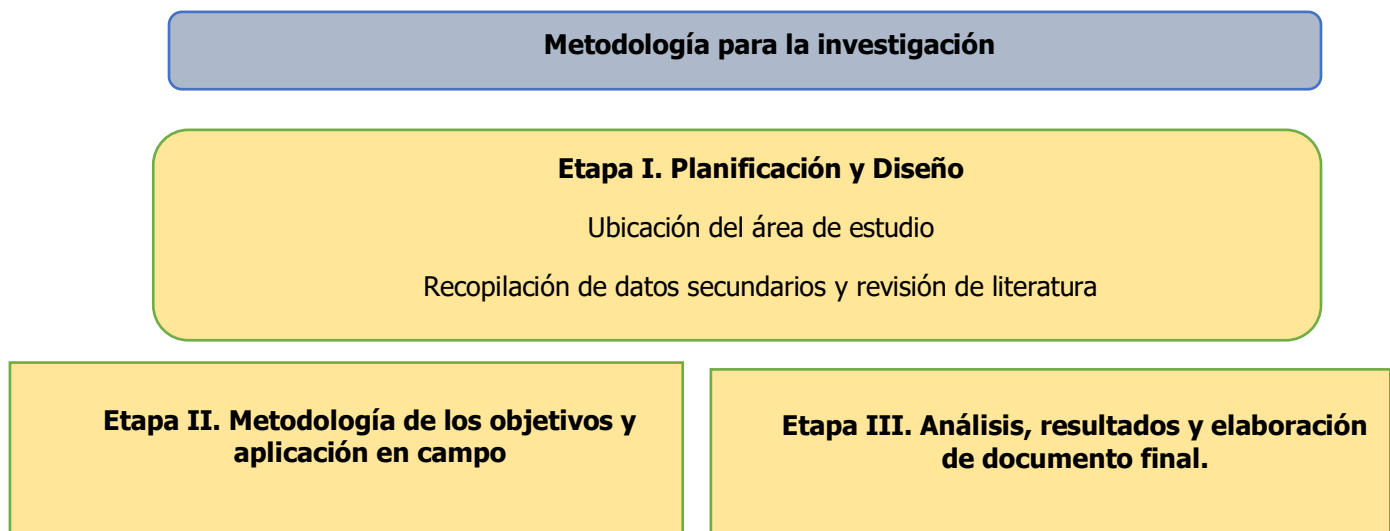


Figura 8. Estructura de la investigación. Fuente: elaboración propia.

3.4 Procesos metodológicos

El muestreo fue no probabilístico, ya que el interés del autor se centró en seleccionar 40 fincas representativas de cuatro tipos de sistemas agroforestales de café (SAFC). *A priori*, se utilizó una base de datos de 407 cafetales, propuesta por el Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT) República Dominicana, del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCyT). Esta base de datos contiene informaciones valiosas de las principales fincas cafetaleras a nivel país; como el dosel de sombra de los cafetales, manejo agronómico y agroforestal, producción agroforestal, área basal, densidades, datos biofísicos e inventario de bananos, maderables, frutales y árboles de servicios. Estas informaciones fueron utilizadas para identificar tipos de cafetales de acuerdo con su estructura y manejo, mediante análisis multivariado (análisis de conglomerados).

Se seleccionó una muestra de 40 fincas representativas con ayuda de expertos (10 fincas por cada tipo de SAFC), estas 40 fincas fueron distribuidas en las principales regiones cafetaleras del INDOCAFE (**Figura 7**).

CONCLUSIÓN

Para conocer la contribución de los SAFC en República Dominicana, es preciso realizar un estudio socioeconómico que permita estimar los ingresos monetarios y no monetarios de la unidad productiva, pasando desde observaciones y mediciones en campo hasta conocer mediante encuestas la realidad del caficultor dominicano y sus familias, donde se puedan ejemplificar los hallazgos obtenidos. A continuación, se muestra un esquema donde se explica la metodología general de esta investigación (**Figura 9**).

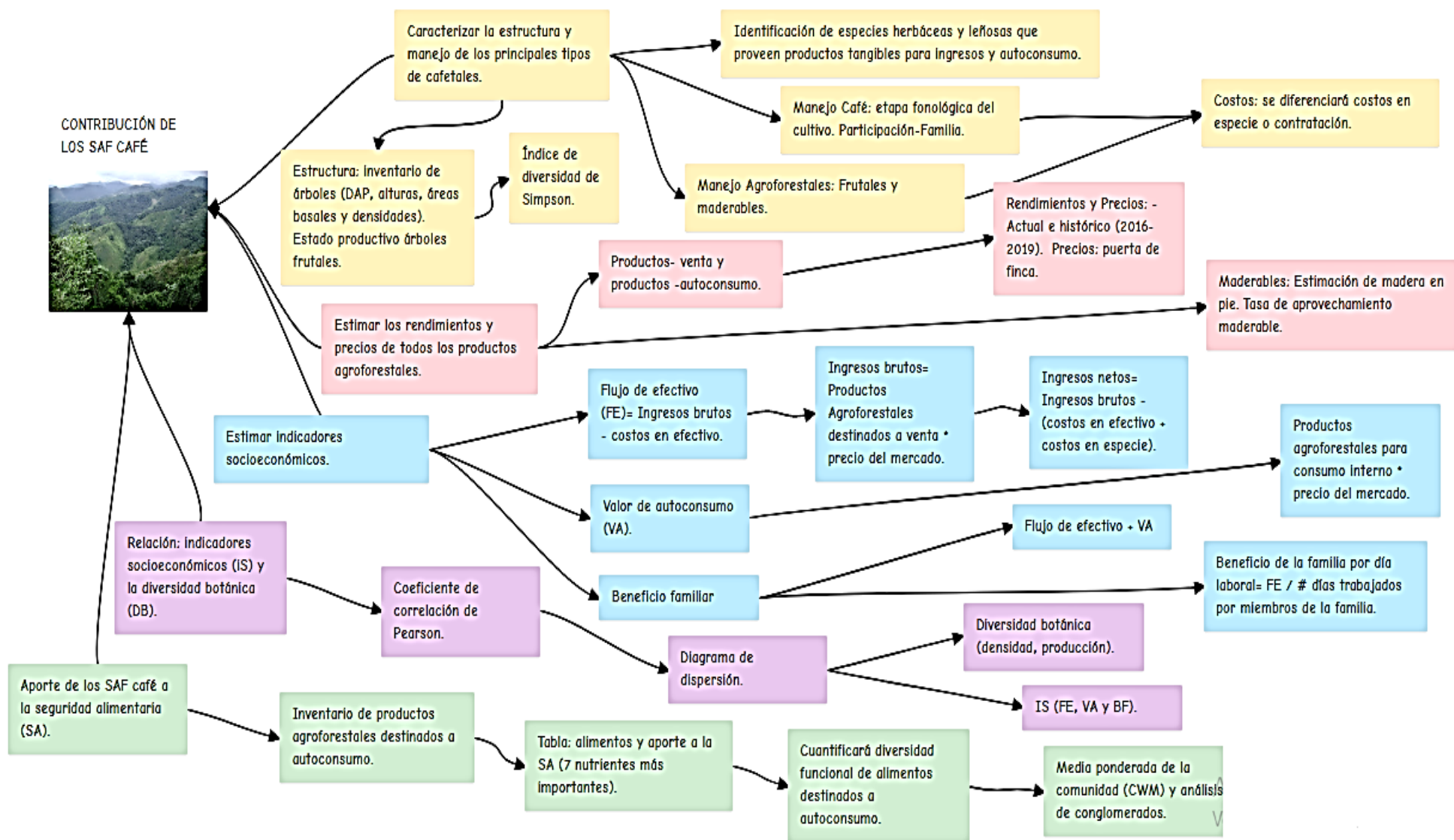


Figura 9. Metodología de la investigación: contribución de sistemas agroforestales de café, al ingreso y autoconsumo familiar de pequeños productores en Rep. Dom. Fuente: autor.

LITERATURA CITADA

- Agricultura., OdINUpAyl; Salud, OPdl. 2017. 2016 América Latina y el Caribe: panorama de la seguridad alimentaria y nutricional. Sistemas alimentarios sostenibles para poner fin al hambre y la malnutrición. FAO, OPS Santiago de Chile.
- Altieri, MA; Funes-Monzote, FR; Petersen, P. 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty Agronomy for sustainable development 32(1):1-13.
- Altieri, MÁ; Nicholls, CI. 2012. Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica Agroecología 7(2):65-83.
- Arronis Díaz, V. 2006. Los sistemas agroforestales como una opción de producción sostenible. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria
- Aybar, D; de los Angeles, M. 2013. Adecuacion bioclimatica a viviendas en el tropico caribeño: El caso de la república dominicana:
- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, J; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Funciones de servicio de los sistemas de agroforestería. *In*. Proceedings XII World Forestry Congress. Ministry of Natural Resources. Québec. p.
- Berkes, F; Colding, J; Folke, C. 2008. Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change. Cambridge University Press.
- Bolzán, A; Mercer, R. 2009. Seguridad alimentaria y retardo crónico del crecimiento en niños pobres del norte argentino Archivos argentinos de pediatría 107(3):221-228.
- Campanha, MM; Santos, RHS; De Freitas, GB; Martinez, HEP; Garcia, SLR; Finger, FL. 2004. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil Agroforestry systems 63(1):75-82.
- Canet Brenes, G; Soto Viquez, C; Ocampo Thomason, P; Rivera Ramírez, J; Navarro Hurtado, A; Guatemala Morales, G; Villanueva Rodríguez, S; Dalip, K; Benavides, E; Romero Prada, J. 2016. La situación y tendencias de la producción de café en América Latina y El Caribe. *In*. Libro técnicono. 6. IICA, San José (Costa Rica) Centro de Investigación y Asistencia en p.
- Cannell, M; Van Noordwijk, M; Ong, C. 1996. The central agroforestry hypothesis: the trees must acquire resources that the crop would not otherwise acquire Agroforestry systems 34(1):27-31.
- Cardinale, BJ; Palmer, MA; Collins, SL. 2002. Species diversity enhances ecosystem functioning through interspecific facilitation Nature 415(6870):426.
- Cardozo, EG; Muchavisoy, HM; Silva, HR; Zelarayán, MLC; Leite, MFA; Rousseau, GX; Gehring, C. 2015. Species richness increases income in agroforestry systems of eastern Amazonia Agroforestry systems 89(5):901-916.
- Castellanos Verdugo, M; Orgaz Agüera, F. 2013. Potencialidades Ecoturísticas De La República Dominicana TURyDES 6(14):
- CEPAL; INDOCAFE; CNCCMDL. 2018. Café y cambio climático en la República Dominicana. Impactos potenciales y opciones de respuesta. Disponible en <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44163-cafe-cambio-climatico-la-republica-dominicana-impactos-potenciales-opciones>
- Cerda, R. 2016. Effects of shade , altitude and management on multiple ecosystem services in coffee agroecosystems Agroforest Systematics 88:957–981.
- CSA. 2018. La nutrición y los sistemas alimentarios. Ed. FAO, Cdsam. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i7846es.pdf>
- DeClerck, FA; Fanzo, J; Palm, C; Remans, R. 2011. Ecological approaches to human nutrition Food and Nutrition Bulletin 32(1_suppl1):S41-S50.

- Díaz, S; Cabido, M. 2001. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes Trends in ecology & evolution 16(11):646-655.
- Europeas, C. 2008. La economía de los ecosistemas y la biodiversidad Una producción de Banson, Cambridge (Reino Unido):
- FAO; INTEC. 2004. Roles de la agricultura en la Republica Dominicana.
- FAO. 2017. Reflexiones sobre el sistema alimentario y perspectivas para alcanzar su sostenibilidad en América Latina y el Caribe. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i7053s.pdf>
- FAO. 2019. Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Disponible en <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/provisioningservices/es/>
- Farfán, F. 2014. Agroforestería y sistemas agroforestales con café Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé Manizales, Caldas (Colombia):
- Fournier, L. 1981. Importancia de los sistemas agroforestales en Costa Rica Universidad de Costa Rica 5(1/2):141-147.
- García-Barrios, L; Ong, C. 2004. Ecological interactions, management lessons and design tools in tropical agroforestry systems. Springer. 221-236 p.
- García-Senz, J; Monthel, J; Díaz de Neira, J; Hernaiz Huerta, P; Escuder Viruete, J; Pérez-Estaún, A. 2010. La estructura de la Cordillera Oriental de la República Dominicana Boletín geológico y minero 118(2):293-312.
- García Mayoral, LE; Valdez Hernández, JI; Luna Cavazos, M; López Morgado, R. 2015. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz Madera y bosques 21(3):69-82.
- Gnonlonfon, I; Assogbadjo, AE; Gnanglè, CP; Kakaï, RLG. 2019. New indicators of vulnerability and resilience of agroforestry systems to climate change in West Africa Agronomy for sustainable development 39(2):23.
- Huss-Ashmore, R; Goodman, JL. 1988. SEASONALITY OF WORK, WEIGHT, AND BODY COMPOSITION MASCA Research Papers in Science and Archaeology 5:29.
- ICO. 2019. International Coffee Organization. (Country Data on the Global Coffee Trade). Disponible en http://www.ico.org/profiles_e.asp
- IICA. 2016. Situación actual de la producción de Café en la República Dominicana, los efectos de la Roya (Hemileia Vastatrix) Disponible en <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/situacion-actual-de-la-produccion-de-cafe-en-la-republica-dominicana-los-efectos-de-la-roya>
- Jaramillo-Botero, C; Santos, RHS; Martinez, HEP; Cecon, PR; Fardin, MP. 2010. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels Scientia Agricola 67(6):639-645.
- Jezeer, R; Verweij, P. 2015. CAFÉ EN SISTEMAS AGROFORESTAL:
- Lecca, ER; Huatuco, RM. 2015. Valoración económica ambiental: el problema del costo social Industrial Data 18(2):61-71.
- Martín-López, B; Montes, C. 2010. Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales Guía científica de Urdaibai 1:13-32.
- Meriño, F. 1898. División regional de la República Dominicana:
- Ministerio de agricultura, pya. 2004. Programa de manejo del riesgo agropecuario en la República Dominicana. España, Disponible en https://www.mapa.gob.es/es/enesa/publicaciones/ni_documento_rep_dominicana_tcm30-130319.pdf
- Montagnini, F; Metzel, R. 2015. Biodiversidad, manejo de nutrientes y seguridad alimentaria en huertos caseros mesoamericanos Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales, Serie técnica informe técnico(402):381-403.
- Nestel, D. 1995. Coffee in Mexico: international market, agricultural landscape and ecology Ecological Economics 15(2):165-178.
- Núñez, P; Cuevas, B. 2004. Especies arbóreas de valor comercial y cultivos alimenticios presentes en cafetales de las provincias Monseñor Novel y La Vega Agroforestería. Res. Invest. Idiaf 1:1-27.

- Nyong, AP; Ngankam, TM; Felicite, TL. 2019. Enhancement of resilience to climate variability and change through agroforestry practices in smallholder farming systems in Cameroon Agroforestry systems:1-19.
- Ospina Ante, A. 2003. Agroforesteria: Aportes conceptuales, metodologicos y practicos para el estudio agroforestal. Asociacion del Colectivo de Agroecologia del Suroccidente Colombiano, Cali
- Palacios, V; Barrientos, JC; Rural, D. 2011. Importancia del huerto casero en la seguridad alimentaria. Caso de la comunidad indígena de Camëntsá del valle de Sibundoy. Colombia Revista CienciAgro 2(2):313-318.
- Perdoná, MJ; Cruz, JCS; Fischer, IH. 2013. Cultivo consorciado de café e macadâmia Pesquisa e Tecnologia 10:1-6.
- Pinoargote, M; Cerda, R; Mercado, L; Aguilar, A; Barrios, M; Somarriba, E. 2017. Carbon stocks, net cash flow and family benefits from four small coffee plantation types in Nicaragua Forests, Trees and Livelihoods 26(3):183-198.
- Pulido-Blanco, VC. 2019. Regionales del Instituto Dominicano del Café en la República Dominicana.
- Ratnadass, A; Fernandes, P; Avelino, J; Habib, R. 2012. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review Agronomy for sustainable development 32(1):273-303.
- Real Aquino, HJ. 2013. República Dominicana: análisis de la actividad turística, estrategias de expansión, oportunidades, barreras y riesgos de inversión en el turismo: Disponible en <http://repositorio.upct.es/handle/10317/3431>
- Rice, RA. 2008. Agricultural intensification within agroforestry: the case of coffee and wood products Agriculture, Ecosystems & Environment 128(4):212-218.
- Rigal, C; Vaast, P; Xu, J. 2018. Using farmers' local knowledge of tree provision of ecosystem services to strengthen the emergence of coffee-agroforestry landscapes in southwest China PloS one 13(9):e0204046.
- ROSA, LS; Vieira, TA; Santos, Ad; Meneses, A; Rodrigues, A; Perote, J; Lopez, C. 2009. Limites e oportunidades para a adoção de sistemas agroflorestais pelos agricultores familiares da microrregião Bragantina, PA Alternativa agroforestal na Amazônia em transformação. Brasília: Embrapa:645-670.
- Sáenz, Y. 2012. Aporte del cacaotal en la economía y nutrición familiar en Waslala, Nicaragua. Ed. CATIE. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4511/Aporte_del_cacaotal.pdf;jsessionid=B89A466C3E8C62D12269C44F6BDBEA54?sequence=1
- Souza, HN; Graaff, J; Pulleman, MM. 2012. Strategies and economics of farming systems with coffee in the Atlantic Rainforest Biome Agroforestry systems 84(2):227-242.
- Susaña, S. 2012. Diagnóstico de pobreza de los hogares cafetaleros de la República Dominicana. Ed. Café), CCDd. Santo Domingo, República Dominicana,
- VALUES. 2019. Reseñas sobre servicios ecosistémicos Ed. Desarrollo, CAa. Disponible en http://www.aboutvalues.net/es/ecosystem_services/
- Villareyna, R; Virginio, E; Jones, C; Florián, E; Soto, G; Astorga, C. 2017. Acciones para fortalecer la adaptación y mitigación del cambio climático en el sector cafetalero de Costa Rica. Ed. USAID. Costa Rica, (PROCAGICA).
- Weiher, E; Keddy, P. 2001. Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats. Cambridge University Press.

ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de actividades

Tabla 3. Cronograma de actividades para el desarrollo de la investigación

Actividad	Jul	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic	Ener	Feb	Mar	Abril	May	Jun
Preparación y defensa del anteproyecto												
Traslado a zona de investigación												
Selección de productores claves y unidades productivas												
Caracterización de los doseles y el manejo en fincas de productores claves												
Entrevista a productores claves												
Inventarios de las especies en los cafetales y sus productos												
Cuantificación de rendimientos, costo de producción y precio de todos los productos												
Estimación de los indicadores socioeconómicos												
Comparación entre distintos grupos de sistemas agroforestales con café												
Relaciones entre indicadores socioeconómicos con diversidad en general y por cada tipo de SAFC												
Análisis de los datos												
Elaboración del trabajo final de grado												
Presentación del seminario final de tesis												

Anexo 2. Presupuesto de tesis

Tabla 4. Presupuesto general de trabajo de grado

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)
Anteproyecto				
Impresión	Unidad	50	0,5	25
Subtotal				25.00
Transporte				
Pasaje aéreo	Pasaje ida y vuelta	1	650	650
Visita a unidades productivas de café (Combustible)	Viajes	40	20	800
Subtotal				1,450.00
Personal				
Revisor filológico	Revisión	1	200	200
Subtotal				200.00
Equipos, Servicios e Insumos Gastables				
Impresiones	Impresiones	100	0,5	50
Empastado	Unidad	2	50	100
Paquete de Post it colores	Unidad	2	3	6
Ropa de campo (Jacket)	Unidad	3	25	75
Subtotal				231.00
Alojamiento				
Alojamiento para unidades productivas de café	Viajes	20	31,9	638
Subtotal				638.00
TOTAL				2,544.00
FUENTE	CATIE			2,200.00
	RECURSOS PROPIOS			344

Anexo 3. Formularios para levantamiento de datos**FORMULARIO 1. LOCALIZACIÓN Y TOPOGRAFÍA**

LOCALIZACIÓN DE LA FINCA		
NÚMERO DE FINCA:	FECHA:	CÓDIGO DE FINCA:
PROVINCIA:	MUNICIPIO:	
COMUNIDAD:		
NOMBRE DEL PROPIETARIO:		
NOMBRE DEL TÉCNICO DEL ÁREA:		
TOPOGRAFÍA - DATOS TOMADOS PARA LA PARCELA DE CAFÉ		
ÁREA TOTAL DE LA FINCA		
ÁREA TOTAL DEL CAFETAL		
ÁREA DE ESTUDIO		
ALTITUD		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	N	W
PORCENTAJE DE LA PENDIENTE		

ORIENTACIÓN DE LA PENDIENTE	
------------------------------------	--

FORMULARIO 2. ESTRUCTURA Y DOSEL DE SOMBRA

NÚMERO DE FINCA:

CÓDIGO DE FINCA:

# Arb	Nombre común	X	Y	DAP1 (cm)	DAP2	DAP3	DAP4	DAP5	Alt total (m)	Alt tronco (m)	Dist	CLin total (%)	Clin tronco	Clin suelo	D de copa 1	D de copa 2	Oclus ion (%)	Uso *	EP**

[illegible]

FORMULARIO 3. MANEJO. REGISTRO DE INSUMOS UTILIZADOS

No FINCA/FECHA		Fertilizantes	Enmiendas	Herbicidas	Fungicidas	Insecticidas	Control de malezas manual	Poda	Manejo de tejidos
	Nombre								
	Cantidad								
	Unidad								
	Costo por unidad								
	Nombre								
	Cantidad								
	Unidad								
	Costo por unidad								
	Nombre								
	Cantidad								
	Unidad								
	Costo por unidad								
	Nombre								
	Cantidad								
	Unidad								

	Costo por unidad								
--	------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

FORMULARIO 4. MANEJO. REGISTRO DE MANO DE OBRA EN EL MANEJO DEL CAFETAL

CÓDIGO DE CAFETAL:				TIPO DE MANO DE OBRA		SEXO		COSTOS	
No finca/ FECHAS	LABOR	DÍAS/LABOR	HORAS DE TRABAJO/DÍA	FAMILIAR	CONTRATO	H	M	COSTO/JO RNAL	COSTO/ CONTRATO
	Fertilización								
	Enmiendas								
	Herbicidas								
	Fungicida								
	Insecticida								
	Control de malezas manual								
	Poda								
	Manejo de tejidos								
	Fertilización								
	Enmiendas								
	Herbicidas								
	Fungicida								
	Insecticida								
	Control de malezas manual								
	Poda								

	Manejo de tejidos								
--	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

FORMULARIO 5. CARACTERÍSTICAS DE LAS POBLACIONES DE PLANTAS DE CAFÉ

NÚMERO DE FINCA:			CÓDIGO DE FINCA:							
NÚMERO DE PLANTA			1	2	3	4	5	6	7	8
VARIEDAD										
EDAD										
DENSIDAD DE SIEMBRA	DISTANCIA ENTRE SURCOS (m)	ARRIBA								
		ABAJO								
	DISTANCIA ENTRE PLANTAS (m)	IZQUIERDA								
		DERECHA								
VIGOR	ALTURA DE LA PLANTA EN EL EJE PRINCIPAL (m)									

FORMULARIO 7. REGISTRO DE LA PRODUCCIÓN AGROFORESTAL DEL CAFETAL

					CÓDIGO DE CAFETAL:									
No. Finca/ Fecha	Producto	Número de cosechas	Producción Act/año	Prod Hist/ año	Unidad	Cantidad consumo familiar/ año	Cantidad consumo animales /año	Cant Venta/año	Cant Venta Hist/año	Precio de venta por unidad (Act)	Precio de venta por unidad (Hist)	¿Dónde vende?	Medio de transporte utilizado	Costo transporte utilizado

Formulario 8. Perfil nutricional familiar

Nro. Finca:

Código de cafetal:

1- ¿Cuál es la frecuencia de consumo de los productos del cafetal (marque con una x) y quiénes la consumen más?

Tipo de productos consumidos	Cantidad consumida y unidad de medida	Frecuencia de consumo				Quiénes las consumen				
		Diario	Semanal	Mensual	Rara vez	Niños	Jóvenes	Adultos	Toda la familia	Época

2. Origen de los alimentos y sus costos.

¿Se abastece alimentos en los mercados locales? Sí_____ No_____ ¿Con qué frecuencia?

¿Qué tipo de alimentos compra en el mercado local, supermercado, etc.? Sí: ☐ No ☐

Alimentos básicos _____ Verduras _____ Carnes _____ Leche _____

Huevos _____ Harinas Y Productos Derivados _____

Otros _____

Formulario 9. Informaciones Producción- Ingresos

Nro. Finca:

Código de cafetal:

Café

1. Variedades y porcentaje en la finca _____
2. ¿Qué tanto obtiene de café en la finca? _____ ¿Está usted conforme con su rendimiento? Sí _____ NO _____
3. ¿Cómo compara la producción de café de su finca con las fincas vecinas?
4. ¿Cuánto produce por hectárea?
5. ¿Existen partes de la finca que le den mayor producción que otras? ¿A qué cree que se deba?
6. ¿Qué haría usted para aumentar su producción?
7. ¿Qué haría usted para generar otros ingresos?

Dosel de sombra

1. ¿Qué árboles tiene en su cafetal? ¿Cuál es el principal(es)?
2. ¿Por qué eligió estas especies?
3. ¿A qué distancia las tiene?
4. ¿Tienen los árboles algún uso? Madera _____ Leña _____ Medicinal _____ Cerca viva _____ Rompe vientos _____ Alimento _____ Leguminosas _____ Otros _____
5. ¿Cómo le ayudan los árboles al suelo? Mayor la fertilidad _____ Menor erosión _____ Más agua _____

Formulario 10. SE y Estimación de pérdidas

Nro. Finca:

Código de cafetal:

Servicios ecosistémicos

1. ¿Usted cree que los árboles ayuden al café? Sí_____No_____ ¿Por qué?
2. ¿Cree que estos árboles le proporcionan ingresos?
3. ¿Existe alguna fuente de agua en la finca?
4. ¿Dónde se ubica?
5. ¿Con qué fin lo usa? Irrigación_____ Consumo_____ Otros_____
6. ¿Produce usted forrajes en la finca?
7. ¿Cuáles son?
8. ¿Qué especie de árbol que siembra usted para la producción de leña?

Estimación de pérdidas de productos agroforestales

1. ¿Su finca ha sufrido algún evento climático en los últimos 3 años que ha ocasionado pérdidas en sus productos agroforestales?
2. Pensando en plagas y enfermedades, ¿cómo compara su finca con las fincas cercanas?
3. ¿Qué problemas tiene de enfermedades tanto en el café como en cultivos agroforestales?
4. ¿Ha tenido plagas en los cultivos agroforestales que han ocasionado pérdidas económicas?
5. ¿Considera que las pérdidas en sus cultivos se deben a mano de obra deficiente?

Formulario 11. Vulnerabilidad al cambio climático

Nro. Finca:

Código de cafetal:

Para cada pregunta planteada, se dan tres opciones de respuesta: 'sí' para cuando se contesta de manera afirmativa sobre el fenómeno indagado, 'no' para expresar la negativa de ocurrencia del fenómeno y '±' para cuando se quiera indicar que el fenómeno ocurre, pero en un nivel intermedio. Se asigna un valor de referencia para cada una de las opciones de respuesta: -1 para el 'sí', 1 para el 'no' y 0,5 para el '±' nivel intermedio:

Tabla. Preguntas de evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático en unidades productivas cafetaleras en cambios observados en últimos 5 años.

Variables evaluadas	Sí	±	No
Variables de exposición			
1. ¿Ha habido cambios en la temperatura en los últimos años?			
2. ¿Las lluvias han sido irregulares en los últimos años?			
3. ¿Ha habido un aumento de lluvia con inundaciones y derrumbes?			
4. ¿Hay riesgo de huracanes y tormentas tropicales?			
5. ¿Ha habido sequías (), disminución () o ausencia de agua () en la propiedad en los últimos años?			
6. ¿La fuerza y frecuencia de vientos fuertes ha aumentado?			
Variables de impactos (sensibilidad + exposición)			
7. ¿La mayoría de los suelos en los cafetales y en otros usos de la tierra en la unidad productiva presentan señales de erosión?			
8. ¿La fertilidad de los suelos ha disminuido en los últimos años?			
9. ¿Hay floración irregular en las plantas de café en los últimos años?			
10. ¿Hay incremento de caída de flores y frutos de café?			
11. ¿En los últimos años se ha incrementado el daño de plagas y enfermedades en los cafetales?			
12. ¿Existe disminución de la producción de café en los últimos años?			
Variables de capacidad adaptativa			
13. ¿Faltan prácticas de conservación de suelo en la mayor parte del área de la unidad productiva?			
14. ¿En los suelos de los cafetales (entre los surcos de las plantas) no hay cobertura de hierbas y hojarasca?			
15. ¿La diversificación (árboles de servicio, maderables, frutales y otros cultivos de seguridad alimentaria) () y la diversidad de aves () en el cafetal es baja () o inexistente ()?			
16. ¿Hay áreas con café a pleno sol (), poca sombra (<20%) () o con exceso de sombra (>70%) ()?			

17. Existen cafetales con edad mayor a 15 años () y con baja productividad ()?			
18. ¿No se tienen variedades de café tolerantes a sequía y altas temperaturas? () ¿No se			
tienen variedades de café tolerantes/resistentes a enfermedades principales (Por ejemplo			
roya (), ojo de gallo ())?			
19. ¿Está ausente la práctica anual de poda y deshije en las plantas de café?			
20. ¿Está ausente cada año la resiembra de plantas de café?			
21. ¿Se aplica más de 3 qq de nitrógeno/mz/año, de origen sintético (químico)?			
22. ¿No se aplican abonos orgánicos al cafetal? () ¿No se manejan la pulpa () y aguas mieles ()?			
23. ¿La mayoría de las quebradas y fuentes de agua no tienen cobertura forestal?			
24. ¿La mayoría de las áreas de otros usos de la unidad productiva no tienen cobertura forestal?			
25. ¿No existen procesos organizativos sobre mitigación y adaptación al cambio climático?			
Puntaje total			

Fuente: ([Villareyna et al. 2017](#)).

CAPÍTULO II. ARTÍCULO CIENTÍFICO

CONTRIBUCIÓN DE SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ AL INGRESO Y AUTOCONSUMO FAMILIAR DE PEQUEÑOS PRODUCTORES EN REPÚBLICA DOMINICANA

Tipología de café modelo para la economía y seguridad alimentaria del caficultor

Revista Agroforestería en las Américas

ISSN 1022-788

RESUMEN

El potencial de los productos agroforestales en sistemas agroforestales de café es reconocido, sin embargo, conocimientos sobre la cuantificación de sus rendimientos, ingresos, valor de autoconsumo y el aporte que realizan a la seguridad alimentaria de las familias aún son escasos. Información que sería importante para mejorar la calidad de vida de los pequeños productores de café dominicanos; mientras se conserva la biodiversidad y se aprovechan los servicios ecosistémicos que brindan estos espacios de producción. Se analizó la contribución de los productos tangibles en los principales tipos de cafetales dominicanos, así como los beneficios de pequeños productores y sus familias. Las contribuciones se determinaron según los ingresos y el consumo interno de las familias en 40 sistemas agroforestales de café agrupados en cuatro tipos definidos *a priori*. La hipótesis general planteada fue: los productos agroforestales son tan importantes como el café para contribuir a los medios de vida de las familias de pequeños productores. Se estudió la diversidad arbórea, se caracterizó la estructura, manejo, vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático en cada tipo de sistema agroforestal de café; y se cuantificaron los rendimientos de los productos agroforestales y su contribución a los indicadores socioeconómicos: ingresos netos, flujo de efectivo, valor de autoconsumo y beneficio familiar. Los principales productos agroforestales distintos del café fueron los bananos, cítricos, aguacate, mango, tubérculos, otras frutas y madera, que generaron ingresos económicos y un alto valor de consumo doméstico, lo que contribuyó al ahorro familiar y la seguridad alimentaria. La contribución del conjunto de productos agroforestales a los beneficios familiares fue similar o mayor que el café, dependiendo del tipo de cafetal. Los SAFC diversos mostraron rendimientos notablemente más altos, ingresos netos, flujo de efectivo y beneficios familiares, apuntando esta investigación a sistemas agroforestales de café de este tipo. El 60 % de los SAFC dominicanos se encuentran en la categoría de vulnerabilidad y capacidad adaptativa medianamente críticas. Con base en los hallazgos de esta investigación, se sugirieron estrategias importantes para el sector café dominicano.

Palabras claves: café, sistemas agroforestales, diversidad arbórea, rendimientos, indicadores socioeconómicos, seguridad alimentaria.

ABSTRACT

The potential of agroforestry products in agroforestry coffee systems is recognized, however knowledge on the quantification of their yields, income, self-consumption value and the contribution they make to the food security of families is still scarce. Information that would be important to improve the quality of life of small Dominican coffee producers; while conserving biodiversity and taking advantage of the ecosystem services provided by these production spaces. The contribution of tangible products in the main types of Dominican coffee plantations, and the benefits of small producers and their families were analyzed. The contributions were determined according to the income and internal consumption of families in 40 agroforestry coffee systems grouped into four types defined a priori. The general hypothesis put forward was: agroforestry products are as important as coffee to contribute to the livelihoods of smallholder families. Tree diversity was studied, the structure, management, vulnerability and adaptability to climate change were characterized in each type of coffee agroforestry system; and the yields of agroforestry products and their contribution to socioeconomic indicators: net income, cash flow, self-consumption value and family benefit were quantified. The main agroforestry products other than coffee were bananas, citrus, avocado, mango, tubers, other fruits and wood, which generated economic income and a high value for domestic consumption, which contributed to family savings and food security. The contribution of all agroforestry products to family benefits was similar to or greater than coffee, depending on the type of coffee plantation. The various SAFCs showed markedly higher yields, net income, cash flow, and household benefits, pointing this research at agroforestry coffee systems of this type. 60% of Dominican SAFCs are in the category of moderately critical vulnerability and adaptive capacity. Based on the findings of this research, important strategies were suggested for the Dominican coffee sector.

Keywords coffee: agroforestry systems, Biodiversity, Yields, Wood, socioeconomic indicators, food security.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas productivos familiares a pequeña escala, es decir, productores con menos de diez hectáreas, son responsables de aproximadamente el 70 % del café del mundo ([Oxfam 2001](#); [Canet Brenes et al. 2016](#)). Sin embargo, la mayoría de los productores viven en pobreza y la producción de sus productos básicos ha disminuido a nivel mundial ([Zimmerer 2007](#); [Romo 2019](#)), a esto se suma la caída de los precios del café que afecta significativamente la vida de estas familias ([Bacon 2005](#); [Peñaló & Ramírez 2017](#); [CEPAL et al. 2018](#)). El aumento de la productividad y generación de ingresos adicionales a los que genera el café ocurre con la diversificación de productos agroforestales de subsistencia, sobre todo de frutales, maderables y leña; la entrada de ganancias de estos productos reduce efectos económicos perjudiciales causados por la producción y la fluctuación del mercado cafetalero, además de que el costo de producción de estos árboles de asocio suele ser más bajo que el de cultivar café y, según estudios realizados sobre los beneficios financieros incluyendo árboles maderables, se encontró que resulta ser una economía prácticamente viable ([Somarriba 1990](#); [Muschler 1999](#); [Albertin & Nair 2004](#)). Numerosos estudios han indicado la importancia de los sistemas agroforestales de café (SAFC), debido a que favorecen a la conservación de recursos ambientales, menos necesidades de insumos y brindan un enfoque más sostenible ([Perfecto et al. 1996](#); [Coelli & Fleming 2004](#); [González et al. 2010](#); [Dawson et al. 2013](#); [Perdoná et al. 2013](#); [Pinard et al. 2014](#); [Alves et al. 2015](#)). Además, las prácticas agroforestales que se incluyen en estos sistemas constituyen opciones de adaptación inteligente y sostenible frente a la variabilidad del clima ([Mandleni & Anim 2011](#); [Bishaw et al. 2013](#); [Nyong et al. 2019](#)).

La presencia de árboles de sombra en cafetales crea un ambiente similar al bosque donde se origina el café, lo que causa una mayor estabilidad del cultivo, protege el suelo y crea un microclima adecuado para su crecimiento ([Barros & Maestri 1995](#)). No obstante, estudios demuestran que la producción de café en sistemas agroforestales modifica el rendimiento del mismo, generando menor producción en comparación con el monocultivo ([Campanha et al. 2004](#); [Jaramillo-Botero et al. 2010](#)). El rendimiento de café se usa como el único indicador del desempeño económico, por lo que este y los costos son considerados determinantes en la toma de decisiones de los pequeños caficultores ([Bravo-Monroy et al. 2016](#)). En ese sentido, muchos de los estudios sobre economía en SAFC se enfocan, principalmente, en el rendimiento del café, prestando poca atención a la producción agroforestal obtenida del dosel de sombra; pero los argumentos acerca de la relación negativa entre el rendimiento del café y sombra son desafiados por varios estudios que demuestran que, entre estos dos factores, no hay efecto ([Cerdeira et al. 2017](#); [Meylan et al. 2017](#)). Pese a que los precios más altos del café son dados por la calidad y algunos autores relacionan esa variable con altos niveles de sombra ([Lyngbaek & Muschler 2001](#); [Vaast et al. 2006](#)).

Los productos agroforestales pueden contribuir significativamente a los ingresos de los caficultores ([Gobbi 2000](#); [Wulan et al. 2008](#); [Cerdeira et al. 2014](#); [Hong et al. 2019](#)), también existen importantes desafíos ecológicos y económicos que se deben superar, como la gestión y el acceso al mercado de estos productos ([Jezeer et al. 2018](#)). Los árboles de sombra en sistemas agroforestales podrían servir como fuente de madera y leña ([Rice 2008](#)). Por su parte, un estudio reciente en Perú ha demostrado que especies como *Eucalyptus* y *Pinus* tienen mayor

valor económico que los árboles *Inga*, que son nativos y beneficiosos para los ecosistemas locales ([Ehrenbergerová et al. 2019](#)). De acuerdo con [Toral \(2020\)](#), las especies arbóreas más comunes utilizadas para sombrear en los cafetales en República Dominicana son: *Inga* spp, *Erythrina poeppigiana*, *Ficus* spp, *Cordia* spp, *Guarea guidinia* (L.) Sleumer, *Cecropia peltata* L., *Cedrela odorata*, *Cassia spectabilis*, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth y *Ricinus communis* L.

Generalmente, en muchos estudios sobre SAFC, el valor del consumo interno no es considerado como un factor importante, quizás por la dificultad de medir la producción en estos sistemas, ya que pocos caficultores llevan registros. Sin embargo, el consumo interno o doméstico es un indicador de ahorro familiar, lo cual es importante para los agricultores que viven en pobreza, como los que cultivan café ([Cerdea et al. 2014](#)). A estos beneficios también se les puede agregar aquellos que son derivados de diferentes especies de frutas que pueden variar en su estacionalidad, por lo tanto, las oportunidades de ingresos se pueden extender a lo largo del año ([Leakey et al. 2005](#)). Algunas de las especies frutales utilizadas en cafetales dominicanos son: *Musa* spp, *Citrus* spp, *Persea americana*, *Mangifera indica* y *Pouteria sapota* ([Núñez & Cuevas 2004](#)).

Adicional a esto, los hogares agrícolas de zonas cafetaleras están experimentando inseguridad alimentaria transitoria ([Magcale-Macandog et al. 2010](#)); y según [Garritty \(2004\)](#), los problemas de seguridad alimentaria en zonas rurales pueden ser abordados mediante la adopción de prácticas agroforestales y la diversificación de frutales. Los sistemas agroforestales en particular brindan un refugio para la vivienda forestal. No obstante, la conservación de la biodiversidad se ve afectada por la intensidad del manejo y cubierta del dosel ([Tejeda-Cruz & Sutherland 2004](#); [Bhagwat et al. 2008](#)), lo que se resume en compensaciones entre el ingreso y el funcionamiento del ecosistema durante la intensificación agroforestal ([Priess et al. 2007](#); [Steffan-Dewenter et al. 2007](#)).

La finalidad de esta investigación es abordar las siguientes preguntas de investigación: (i) ¿cómo es la estructura, manejo, vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático que representan los principales tipos de cafetales, con énfasis en la identificación de especies herbáceas y leñosas que proveen productos tangibles para ingreso y autoconsumo?, (ii) ¿cuál es el rendimiento y precio actual e histórico de todos los productos agroforestales (café, frutas, madera, otros) ?, (iii) ¿cuál es el tipo de SAFC que hace mayor contribución a las familias en cada indicador socioeconómico: flujo de efectivo, valor de autoconsumo y beneficio familiar?, (iv) ¿qué relación existe entre los indicadores socioeconómicos y la diversidad botánica? y (v) ¿cuáles nutrientes aportan los SAFC a la seguridad alimentaria de las familias rurales? Analizar la contribución de los SAFC al ingreso y autoconsumo familiar de pequeños productores en República Dominicana bajo la hipótesis principal: los productos agroforestales son tan importantes como el café para contribuir a los medios de vida de las familias ([Cerdea et al. 2014](#)). Se espera aportar con el análisis y documentación de todos los beneficios que generan estos sistemas agroforestales, derivar recomendaciones y ofrecer una tipología de café modelo de acuerdo con su estructura agroforestal y manejo agronómico-agroforestal, en beneficio del caficultor.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y características generales de los SAFC muestreados

El presente estudio se llevó a cabo en República Dominicana, situada entre los paralelos 17°36' y 19°58' latitud norte y 68°17' y los 72°00' longitud oeste, al borde de la zona tropical norte ([SEMARENA 2009](#)). Se estudiaron 40 SAFC representativos de una base de datos de 407 SAFC propuesta por el Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología (Mescyt) República Dominicana. *A priori*, se realizó un análisis de conglomerados en el programa estadístico InfoStat ([Di Rienzo et al. 2019](#)), lo que arrojó cuatro grupos o tipos de cafetales, los cuales son el interés de estudio (**Tabla 1**). Tomando en cuenta dos rangos altitudinales, se seleccionaron 10 SAFC de cada tipo de cafetal; cinco en la zona alta (> 800 msnm) y cinco en la zona baja (< 800 msnm).

La altitud se categorizó como alta y baja, y se tomó en cuenta en los análisis estadísticos como efecto aleatorio. Los SAFC seleccionados fueron heterogéneos entre tipo de cafetal y homogéneos entre sí; se consideró que tuvieran manejo similar y caficultores con un área menor a 10 ha. Como protocolo de observación al momento de delimitar el área de muestreo, se percató que la parcela de medición fuera un área diversificada y representativa del SAFC (50m x 20m), y se puso especial atención a árboles que ofrecieran beneficios tangibles a las familias, tanto de ingreso (venta de productos agroforestales) como autoconsumo (alimentos que obtiene la familia del SAFC).

Tabla 1. Análisis de varianza multivariado de densidades de especies agroforestales y áreas basales en 407 SAFC en República Dominicana. Donde B: bananos. F: frutales. M: maderables. S: servicios. AB: área basal (m²). AF: área basal de frutales. AM: área basal de maderables. AS: área basal de árboles de servicio. N: número de cafetales por cada conglomerado

Tipo de SAFC	B	F	M	S	AB	AF	AM	AS	N	
4	11.34	3.88	0.64	7.85	0.34	0.12	0.05	0.67	136	A
3	32.05	5.97	0.73	15.47	0.85	0.15	0.07	1.10	78	B
2	8.95	7.97	5.47	19.13	0.21	0.21	0.24	1.26	112	C
1	10.40	20.10	1.48	9.79	0.26	0.42	0.08	1.11	81	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Cerda et al 2019.

En el conglomerado uno, predominan los frutales; en el conglomerado dos, los maderables y árboles de servicio; en el conglomerado tres y cuatro predominan los bananos, siendo el conglomerado cuatro el menos diverso de todos. Los grupos o conglomerados resultantes y descritos en la tabla anterior se visualizan mediante un dendograma (**Figura 1**), realizado en el programa estadístico InfoStat ([Di Rienzo et al. 2019](#)).



Se obtuvieron cuatro tipos de cafetales bien diferenciados y distribuidos en las zonas cafetaleras de República Dominicana. Ver en **Tabla 2** la distribución de estos SAFC por regional y por provincia; el tipo de SAFC (1) *C1* estaba compuesto, principalmente, por SAFC de las regionales sur, suroeste y central; el (2) *C2* por SAFC de las regionales suroeste, sur, central y noroeste; el (3) *C3* por SAFC de las regionales suroeste, sur, sureste, norte y noroeste, además, el (4) *C4* por SAFC de las regionales norte y norcentral. Con base en la comparación de su tamaño, densidades en el dosel de sombra y aprovechamiento de los productos agroforestales,

en el contexto de las características de cultivo de café en República Dominicana (**Tabla 6**), se etiquetaron de la siguiente manera:

- ✚ (1) *C1*: tamaño pequeño y pequeño-moderado, gran número de especies cosechadas, alta densidad de frutales y plantas de café.
- ✚ (2) *C2*: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio, alta densidad de árboles maderables, maderables con DAP > 30 cm y gran número de especies cosechadas.
- ✚ (3) *C3*: tamaño pequeño y pequeño-moderado, alta densidad de bananos, alta densidad del dosel y densidad moderada de árboles de servicio.
- ✚ (4) *C4*: tamaño pequeño y pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y alta densidad de plantas de café.

El estudio se realizó durante el periodo comprendido entre noviembre 2019 a mayo 2020, en siete de nueve regionales cafetaleras de República Dominicana establecidas por el INDOCAFE, donde fueron muestreados los 40 SAFC mencionados anteriormente, como se puede visualizar en la **Figura 2**. Los SAFC visitados se encuentran ubicados en la regional norte, provincias Santiago de los Caballeros y Espaillat; regional noroeste, provincias Dajabón y Santiago Rodríguez; regional norcentral, provincias La Vega y Monseñor Nouel; regional central, provincias San José de Ocoa y Peravia; regional sureste, provincia San Cristóbal; regional suroeste, provincias San Juan de la Maguana y Azua; además de regional sur, provincias Independencia, Bahoruco y Barahona. Estos SAFC están ubicados en un rango altitudinal desde 350 msnm hasta 1417 msnm.

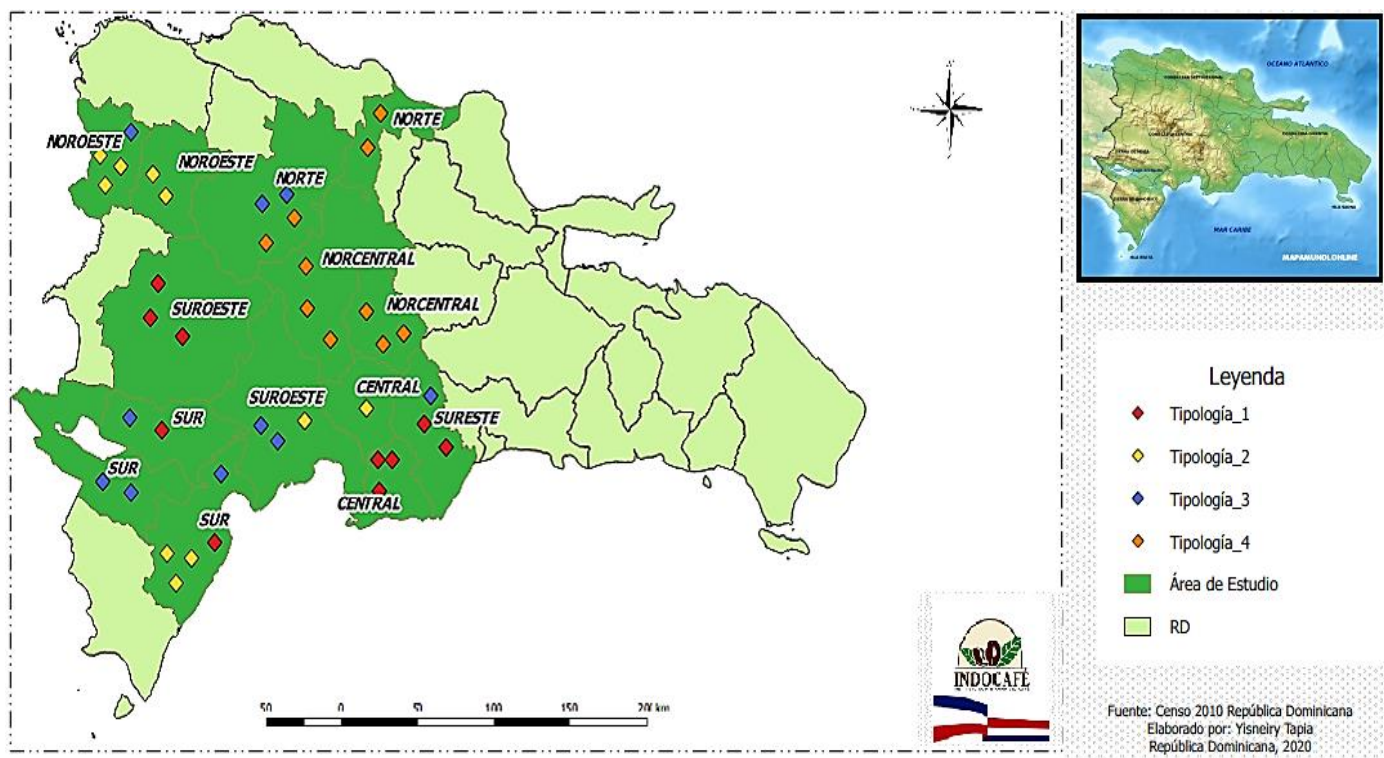


Figura 2. Área de estudio. Tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia, a partir de datos suministrados por el Instituto Dominicano del Café.

De las regionales seleccionadas en este estudio, las regionales norte, central, norcentral y sur son las principales zonas cafetaleras del país (CEPAL *et al.* 2018); estas regiones se ubican en las principales zonas montañosas de las cordilleras Septentrional, Central, la Sierra de Neyba y la Sierra de Bahoruco (Jimenez *et al.* 2008). Los SAFC que forman parte del estudio están ubicados en regionales, provincias y comunidades diferentes (**Tabla 2**).

Tabla 2. Número total de sistemas agroforestales de café por provincias y regional en República Dominicana

Tipo de SAFC	Provincia	Regional	Nro. Fincas
1	Bahoruco	Sur	1
1	Barahona	Sur	1
1	San Juan de la Maguana	Suroeste	3
1	Peravia	Central	3
1	San Cristóbal	Sureste	2
2	Azua	Suroeste	1
2	Barahona	Sur	3
2	San José de Ocoa	Central	1
2	Dajabón	Noroeste	3
2	Santiago Rodríguez	Noroeste	2
3	Azua	Suroeste	2
3	Bahoruco	Sur	1
3	Independencia	Sur	2
3	Barahona	Sur	1
3	Dajabón	Noroeste	1
3	San Cristóbal	Sureste	1
3	Santiago De Los Caballeros	Norte	2
4	La Vega	Norcentral	2
4	Monseñor Nouel	Norcentral	1
4	Santiago De Los Caballeros	Norte	2
4	Españat	Norte	2
4	La Vega	Norcentral	1
4	Monseñor Nouel	Norcentral	2
Total			40

Fuente: elaboración propia.

Estos SAFC, además, fueron seleccionados para representar la variabilidad de la biodiversidad arbórea y particularidades del paisaje de cada tipo de sistema agroforestal de café ([Wunderle Jr 1999](#)). Datos sobre el clima y topografía de la zona de estudio se muestran en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Principales características climáticas de los sistemas agroforestales de café seleccionados en República Dominicana

Características	C1	C2	C3	C4
Precipitación (mm año-1)	909 - 1354	1184 - 1750	1134 - 1480	1201 - 1956
Temperatura (°C)	24 - 28	21 - 28	22 - 28	17 - 26
Humedad relativa (%)	72 - 87	73 - 93	71 - 92	70 - 90
Velocidad del viento (km/h)	7 - 9	5 - 14	5 - 15	6 - 15
Altitud (msnm)	350 - 1010	620 - 1100	550 - 1417	570 - 1370

C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café. Fuente: ([Climate-Data.org](https://climate-data.org/) 2019-2020; [Meteoblue](https://meteoblue.com/) 2019-2020).

Variables de estudio

Se midieron variables cuantitativas y cualitativas para cada SAFC y familia; para el SAFC esas variables fueron evaluadas en el área representativa del cafetal o parcela de medición de 50m x 20m. Las variables cuantitativas incluyen: (1) Altitud (msnm); (2) Área total (ha); (3) Área SAFC (ha); (4) Riqueza de especies (total y por uso); (5) Índice de biodiversidad (recíproco de Simpson 1/D); (6) Densidad (densidades por uso y total); (7) Área basal por uso (m²); (8) Área basal de maderables con DAP>30cm; (9) Altura total y comercial (m); (10) Volumen total y comercial (m³); (11) Biomasa y carbono por uso (t); (12) Frecuencia de aplicación de prácticas de manejo año⁻¹: fertilización, enmiendas, fungicidas, insecticidas, control de maleza químico y manual, poda y manejo de tejidos; (13) Costos de mano de obra contratada y familiar (ha); (14) Costos insumos (ha); (15) Vulnerabilidad y capacidad adaptativa al cambio climático (categoría de referencia); (16) Rendimiento y precio de café (qq seco ha⁻¹ año⁻¹); (17) Rendimiento y precio de banano (racimos ha⁻¹ año⁻¹); (18) Rendimiento y precio de tubérculos (qq ha⁻¹ año⁻¹); (19) Rendimiento y precio de otras frutas (unidades ha⁻¹ año⁻¹); (20) Indicadores socioeconómicos (USD): ingreso bruto, ingreso neto, flujo de efectivo, beneficio familiar, valor de autoconsumo y beneficio de la familia por día laboral.

Variables cualitativas adicionales fueron particularmente útiles para determinar tipos de SAFC que favorecen a la seguridad alimentaria de las familias y permiten mayor aprovechamiento de estos servicios de provisión: (1) Aporte de nutrientes a las familias: proteínas, carbohidratos, vitamina A, vitamina C, hierro, zinc y ácido fólico (sí/no aporta); y (2) Estimación de pérdidas de productos agroforestales: frente a eventos climáticos, ataque de plagas y enfermedades y mano de obra deficiente (Sí/no han habido pérdidas).

Estructura del dosel de sombra: riqueza, diversidad y densidad de especies

Se identificó y delimitó la parcela de medición, además, fueron inventariadas todas las plantas que forman parte del dosel de sombra del café de cada SAFC. Cada planta medida fue identificada con cinta de color y se tomaron sus coordenadas dentro del recuadro, tanto en X como en Y. Se tomaron datos de diámetro a la altura del pecho (dap) en centímetros, altura total (m) y altura comercial (m) (estimación visual y con el uso del clinómetro), diámetro de copa y para la oclusión (%) se utilizó la herramienta para medición de la sombra "HabitApp" ([tooldbox 2019](#)). Se clasificó cada árbol según el tipo de planta: fruta (incluyendo palmas), bananos, madera, árboles de servicio (solo proporcionan sombra, ayudan a mejorar los suelos, etc.) y leña. Se preguntó a cada caficultor sobre el uso de cada especie, las que se clasificaron en: frutales, maderables y servicio.

Además, se clasificó la etapa productiva de los árboles frutales: productivo (cuando el árbol está creciendo o ya es adulto, vigoroso y produce) y no productivo (cuando el árbol es débil y la producción ha disminuido considerablemente). En el caso de los bananos, debido a que en los SAFC dominicanos hay alta densidad de bananos, se clasificaron en dos categorías: (1) bajos (1,0-1,5m de altura); y (2) altos (1,5-3,0m de altura); estos fueron cuantificados e incluidos en el inventario, sin embargo, solo se midió un banano por cada categoría. Los datos de campo se utilizaron en los siguientes cálculos: (1) área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$); (2) volumen total y comercial ($\text{ft}^3 \text{ha}^{-1}$); (3) biomasa (t); (4) carbono (t); (5) densidad dosel de sombra; (6) índice de biodiversidad: recíproco de Simpson $1/D$ y (7) curva de acumulación de especies por grupo (tipo de SAFC), utilizando el *software* EstimateS de ecología cuantitativa ([Colwell 2020](#)); (9) porcentaje de especies dedicadas a cada uso.

El índice de biodiversidad se calculó de acuerdo con [Cerdeira \(2019\)](#):

Índice de biodiversidad de Simpson:

$$D = \sum P_i^2$$

D fuerte si pocas especies muy representadas

Donde:

P_i es la proporción entre el número de individuos n de la especie i , y el número total de individuos encontrados N .

$$\text{Recíproco de Simpson} = 1 \div D$$

En el caso del café, se seleccionaron ocho plantas dentro de la parcela de medición. Se obtuvieron datos sobre variedad y edad, los cuales fueron confirmados con el caficultor. Para determinar la densidad de café en el SAFC, se midió: (1) distancia entre surcos (m): arriba y abajo; y (2) distancia entre plantas (m): izquierda y derecha. Otros datos adicionales fueron obtenidos con la medición de la altura de la planta en el eje principal (m) y circunferencia a la base del tallo (cm).

Manejo del SAFC

Mediante encuestas semiestructuradas al caficultor con el propósito de caracterizar prácticas de manejo del café, se derivaron informaciones sobre la frecuencia de aplicación de estas prácticas año⁻¹ que se realizan en el SAFC: fertilización, enmiendas, fungicidas, insecticidas, control de maleza químico y manual, poda (para el dosel de sombra) y manejo de

tejidos (para el cultivo de café); así como el costo que estas actividades conllevan, incluido el insumo utilizado, los costos fueron clasificados en dos tipos: costos en especie, representado por el tiempo invertido en el SAFC por las familias o mano de obra familiar, y costos en efectivo, que fueron todos los costos que requerían pago en efectivo o mano de obra contratada. Para estimar los costos que generan las prácticas de manejo en los SAFC, se registró por separado la mano de obra contratada y familiar, los datos fueron tomados en cuenta según los días empleados para cada labor y la tasa de dólar del día en que fue realizada la entrevista (v.g.: jornales mano de obra contratada, jornales mano de obra familiar y los costos por cada jornal). Estos datos de campo fueron utilizados para caracterizar los SAFC seleccionados y para obtener los siguientes cálculos: (1) costos mano de obra contratada ha^{-1} ; (2) costos mano de obra familiar ha^{-1} ; y (3) costos insumos ha^{-1} .

Vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático

Se utilizó la metodología de [Villareyna et al. \(2017\)](#); mediante una evaluación participativa se incluyeron 25 preguntas orientadoras relacionadas con la vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático en las encuestas realizadas a los caficultores en cada SAFC. Se le pidió al caficultor que valorara de manera cualitativa esas preguntas, que permitieron corroborar el nivel de vulnerabilidad y adaptabilidad de cada unidad productiva en los últimos cinco años.

Las variables evaluadas en esta parte se relacionaron con el comportamiento del cambio climático en la zona y posibles consecuencias productivas y ambientales: (1) variables de exposición; (2) variables de impactos (sensibilidad + exposición); y (3) variables de capacidad adaptativa. Para cada pregunta planteada relacionada con cada variable mencionada, se tenían tres opciones de respuesta: (1) Sí: para cuando se contestó de manera afirmativa sobre el fenómeno preguntado, (2) No: para expresar la negativa de ocurrencia del fenómeno; y (3) $\pm$: para cuando se indicó que el fenómeno ocurre, pero en un nivel intermedio. Se asignó un valor de referencia para cada opción de respuesta: (1) Sí= -1; (2) No=1; y (3) $\pm$ =0,5. Para determinar la categoría de vulnerabilidad y adaptación en que se encuentra cada SAFC, se hizo una sumatoria de todos los valores obtenidos por unidad productiva, obteniendo como resultado un puntaje que indica la categoría de evaluación a la que pertenece cada SAFC (**Tabla 4**).

Tabla 4. Categorías para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático en SAFC

Categoría de referencia	Puntaje obtenido en la valoración
1. Vulnerabilidad prácticamente ausente. Excelente capacidad adaptativa	De 20 a 25 puntos
2. Vulnerabilidad baja. Alta capacidad adaptativa	De 15 a 19 puntos
3. Vulnerabilidad y capacidad adaptativa moderadas	De 8 a 14 puntos
4. Vulnerabilidad y capacidad adaptativa regulares	De 1 a 7 puntos
5. Vulnerabilidad y capacidad adaptativa medianamente críticas	De -6 a 0 puntos
6. Vulnerabilidad y capacidad adaptativa críticas	De -13 a -7 puntos
7. Vulnerabilidad y capacidad adaptativa muy críticas	De -20 a -14 puntos
8. Totalmente vulnerable y sin ninguna capacidad adaptativa	De -25 a -21 puntos

Fuente: ([Villareyna et al. 2017](#)).

Producción agroforestal y socioeconómica

Se siguió la metodología propuesta por [Cerdea et al. \(2014\)](#), estimando el rendimiento y precio actual de todos los productos agroforestales (venta o consumo interno) con encuestas semiestructuradas a las familias en cada SAFC, incluyendo el rendimiento del café; estas encuestas duraron aproximadamente entre 45 y 60 minutos por caficultor, tanto al hombre como a la mujer jefe o dueño de casa. Se evaluó la calidad de respuesta de los caficultores y los valores atípicos se verificaron. La producción de cada producto agroforestal se separó en dos tipos según el destino: las cantidades vendidas localmente, cooperativas e intermediarios, y las cantidades destinadas al consumo interno, es decir, productos consumidos por la familia o animales. Se utilizaron los precios del mercado (a puerta de finca) de estos productos, independientemente de si los productos fueron vendidos o utilizados para consumo interno; y respecto al café, se tomó en cuenta el precio por el que es pagado el producto en las cooperativas o asociaciones ubicadas en el área de estudio.

El valor de la madera en pie se analizó por separado, calculando primero el volumen de la madera ($m^3 ha^{-1}$), se utilizó la ecuación genérica de [Cerdea y Andrade \(2019\)](#), la cual estima el volumen comercial de la madera por tronco de árbol como $v = AB * h * f$, donde AB es el área basal en m^2 , H altura comercial del árbol en m, y F es la corrección genérica o factor de forma para tallos cónicos ($F=0,70$).

Las unidades utilizadas para analizar la producción de los productos agroforestales fueron: (1) café: qq pergamino seco $ha^{-1} año^{-1}$; (2) banano: racimos $ha^{-1} año^{-1}$; (3) cítricos, aguacate y otras frutas: unidades $ha^{-1} año^{-1}$; y (4) tubérculos: qq $ha^{-1} año^{-1}$. Para la madera, la unidad más común de producción es pies cúbicos de tabla- ft^3 (pie tablar en español) ([Cerdea et al. 2014](#)). Se estimaron las pérdidas de los productos agroforestales con preguntas incluidas en la encuesta a los caficultores, estas preguntas se relacionaron a la post cosecha: frente a eventos climáticos, ataque de plagas y enfermedades, y mano de obra deficiente. Posteriormente, el ingreso bruto (IB), ingreso neto (IN), flujo de efectivo (FE), beneficio familiar (BF), valor de autoconsumo (VA) y beneficio de la familia por día laboral (BFDL) que provienen de los SAFC a los hogares, se calcularon de la siguiente manera:

- $IB = \text{productos agroforestales destinado para venta} \$ \times \text{precio de mercado}.$
- $IN = IB - (\text{costos en efectivo} + \text{costos en especie}).$
- $FE = IB - \text{costos en efectivo}.$
- $VA = \text{cantidad de productos agroforestales para consumo interno} \$ \times \text{precio del mercado}.$
- $BF = FE + VA.$
- $BFDL = FE / \text{número de días trabajados por miembros de la familia}.$

Los resultados se expresaron en dólares de los Estados Unidos de América como US\$.

Relaciones entre indicadores socioeconómicos y diversidad botánica

Se realizó una regresión lineal con variables auxiliares dummy, utilizando 16 modelos de regresión general y mixto, para determinar cómo los cambios en las variables predictoras (variables de diversidad botánica) afectan a las variables respuesta (variables socioeconómicas). Las variables de diversidad botánica tomadas en cuenta para este análisis fueron: (1) Índice recíproco de Simpson; (2) Riqueza total de especies; (3) Densidad de dosel de sombra; y (4) Área basal de dosel de sombra. Por otro lado, las variables socioeconómicas fueron: (1) Ingreso neto; (2) Flujo de efectivo; (3) Valor de autoconsumo; y (4) Beneficio familiar. Para cada análisis de regresión se tomó cada variable de diversidad botánica como covariable; como efecto fijo el tipo de SAFC, variable de diversidad botánica e interacción entre ambas, y efecto aleatorio de altitud. Previo a estos análisis, se validaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Se ajustaron rectas de regresión para cada grupo y coeficiente de determinación (R^2) para todo el modelo, con el fin de evaluar el efecto de los grupos (tipo de SAFCs), las variables predictoras y sus interacciones con las variables respuesta.

Seguridad alimentaria

Según el [CSA \(2018b\)](#): *no hay una única dieta universal "ideal", y las dietas a menudo se adaptan a los contextos y las culturas locales*. Sin embargo, existen siete nutrientes importantes para el ser humano, que juntos forman una dieta nutritiva: (1) proteínas; (2) carbohidratos; (3) vitamina A; (4) vitamina C; (5) hierro; (6) zinc; y (7) ácido fólico ([FAO 2001](#)). En tal sentido, para ser suficiente en estos nutrientes esenciales, una familia tendría que consumir al menos cinco diferentes especies de plantas, es decir, cinco especies que pertenezcan a los diferentes grupos nutricionales que juntos hacen una dieta nutritiva ([DeClerck et al. 2011](#)).

Conforme a la metodología propuesta por [DeClerck et al. \(2011\)](#) y [Sáenz Tijerino \(2013\)](#), se aplicó a cada familia una encuesta semiestructurada que permitió conocer e identificar los nutrientes que aportan los SAFC a la seguridad alimentaria y la frecuencia de consumo de estos productos agroforestales. Se listaron los alimentos provenientes de los SAFC que la familia destina para autoconsumo y se construyó una tabla con las especies resultantes de autoconsumo familiar y cada uno de los aportes a partir de los siete nutrientes ya mencionados. Toda esta información se complementó con un perfil nutricional de la familia, que se elaboró mediante la entrevista, observación directa por convivencia con cada una de las familias y una búsqueda sistemática de artículos científicos, boletines técnicos y metabuscadores científicos especializados (ScienceDirect, CABDirect, Springer, Scielo), así como catálogos de bibliotecas (biblioteca Orton del CATIE). Se excluyeron reportes de «literatura gris», tesis y notas de prensa.

Análisis de datos

Para apreciar las diferencias de las variables estudiadas sobre tipos de cafetales, se realizó un análisis de varianza con modelos lineales generales y mixtos ([Bates *et al.* 2011](#)), con el tipo de SAFC como efecto fijo y categoría de altitud como efecto aleatorio. Se utilizó la prueba de diferencias menos significativa (LSD) Fisher para la comparación de medias. Se evaluaron gráficos de residuos y valores predichos, siempre que las variables no cumplieran con el supuesto de varianzas homogéneas se corrieron modelos con varianzas heterogéneas, declarando una función de variaciones independientes para cada tipo de SAFC. También se realizaron análisis de tablas de contingencias para evaluar las variables cualitativas y sus relaciones entre los grupos o tipos de cafetales formados, además de modelos generalizados con Poisson, para las variables cuantitativas como conteo de especies y productos agroforestales que aportan nutrientes esenciales al ser humano.

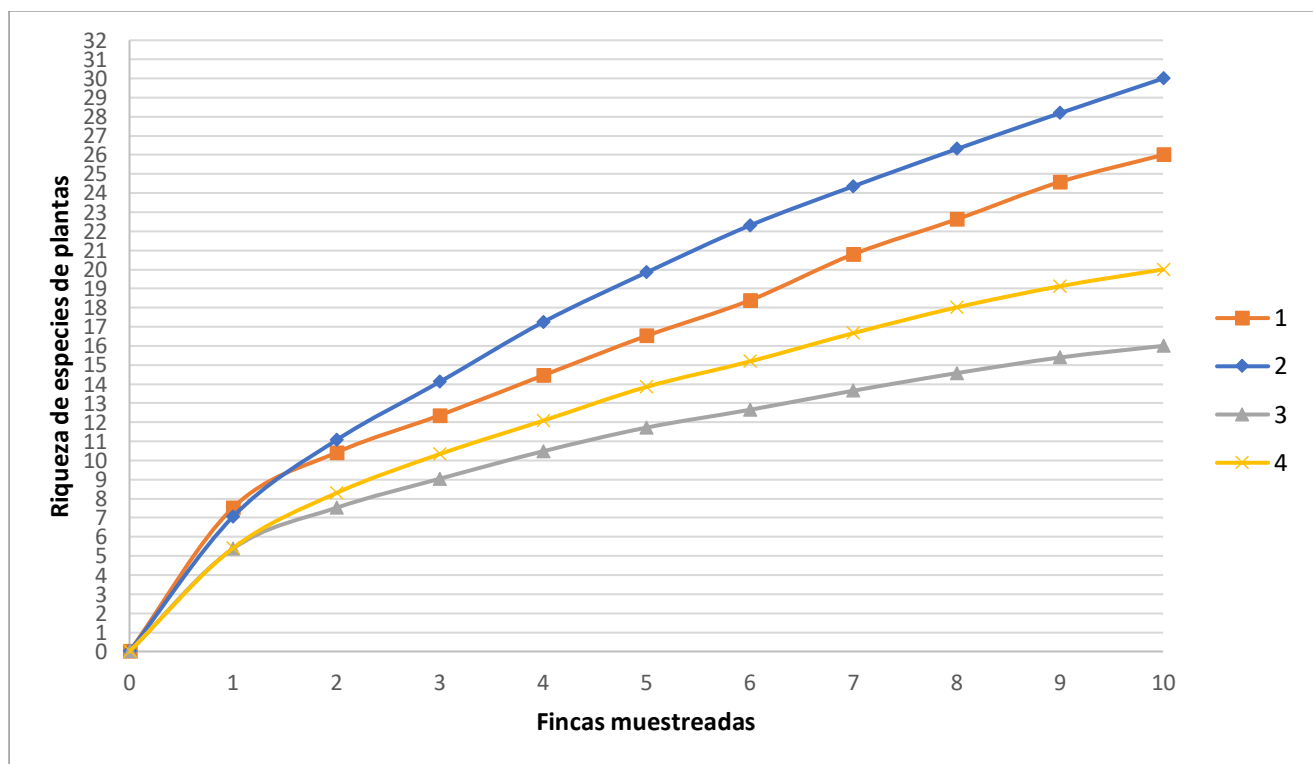
Se realizó un análisis de conglomerado multivariado para los tipos de cafetales, utilizando el algoritmo de agrupación Ward y el estandarizado distancia euclídea previo a llevar a cabo esta investigación, con las densidades del dosel de sombra de SAFC dominicanos y áreas basales, para obtener los tipos de SAFC de interés para este estudio; el dendograma se obtuvo con la matriz de correlación. Todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico ([Di Rienzo *et al.* 2020](#)). Ver **Figura 3** sobre el procedimiento acotado en el desarrollo de esta investigación.

3. RESULTADOS

3.1 Estructura de los SAFC

Composición botánica: riqueza y diversidad de especies

Se identificaron un total de 58 especies de plantas en SAFC dominicanos, con visibles diferencias entre tipos de cafetales en la riqueza de especies de plantas del dosel de sombra. Con el esfuerzo de 10 fincas por tipo de SAFC, no se logra estabilizar la curva de acumulación, debido a que la misma sigue subiendo. Sin embargo, se puede notar que hay una gradiente de acumulación de acuerdo con los tipos de cafetales (**Figura 4**). Todo esto coincide con el índice de biodiversidad recíproco de Simpson ($1/D$), que confirma que el C2 (30 especies) es el más diverso y el C3 el menos diverso (16 especies). El índice de biodiversidad recíproco de Simpson ($1/D$) separa a C3 del resto de tipos de cafetales, los cuales tenían valores de biodiversidad similares (**Tabla 5**).



C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.

Figura 4. Curva de acumulación de especies de plantas en el dosel de sombra de los sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: (Tapia-Polanco & Pulido-Blanco 2020).

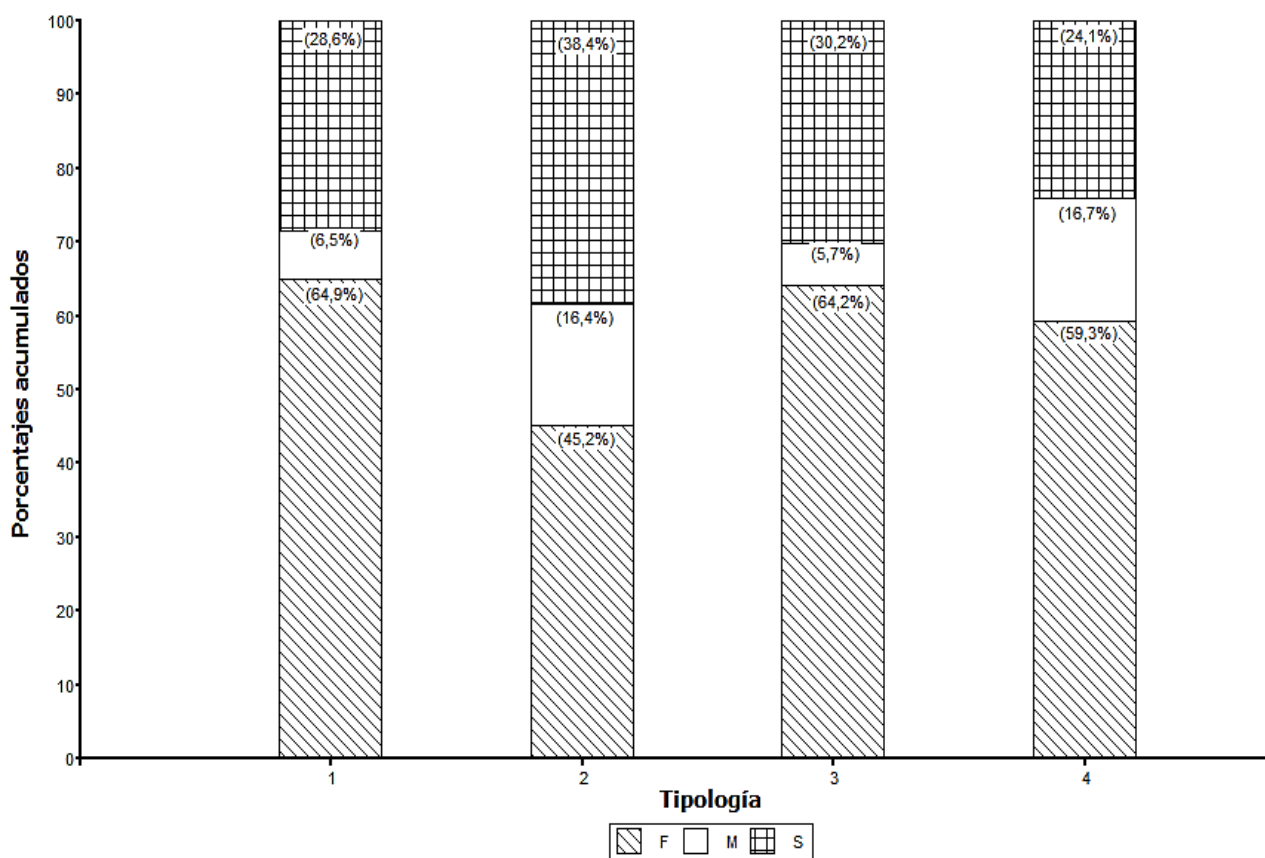
Tabla 5. Índice de biodiversidad de plantas para dosel de sombra en sistemas agroforestales de café en República Dominicana

Tipo de SAFC	Riqueza de especies en 0,10 ha	Recíproco de Simpson (1/D)	
		Media $\pm$ D.E.	Min-Max
C1	26	3,31 $\pm$ 0,91	2,37 - 5,44
C2	30	3,33 $\pm$ 1,58	1,84 - 6,90
C3	16	2,54 $\pm$ 1,15	1,63 - 5,56
C4	20	2,80 $\pm$ 0,72	1,26 - 3,92

D.E. desviación estándar

^a Número de especies de plantas. C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café. Fuente: elaboración propia.

El porcentaje de especies según el uso principal fue variable entre los tipos de cafetales. Los cafetales dominicanos están dominados por árboles de uso frutal, luego de árboles de servicio y maderables. En todos los tipos de SAFC, el dosel de sombra es mayor al 50% de uso frutal, excepto la C2 (45,2 %) (**Figura 5**).



C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.

Figura 5. Porcentaje de especies de plantas según su uso principal en sistemas agroforestales de café en República Dominicana. F frutas, M madera y S árboles de servicio. Fuente: elaboración propia.

En la lista de especies de plantas (**Anexo 3**), se detallan los usos principales y secundarios, y su presencia en cada tipo de SAFC. Las especies leñosas más abundantes en los SAFC dominicanos estudiados fueron *Musa sapientum* (77,66 % de la abundancia relativa de individuos totales), *Inga vera* (9,67 %), *Citrus sinensis* (3,03 %), *Persea americana* (2,09 %), y *Erythrina poeppigiana* (1,24 %).

No es extraño, de acuerdo con lo detallado anteriormente, que la mayor riqueza de especies en los SAFC dominicanos se da por especies frutales, especialmente de plantas de banano (301-738 plantas de banano ha⁻¹, siendo el tipo de SAFC C3 el de mayor densidad de bananos y la C1 de mayor densidad de otros frutales). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la densidad de plantas de café, por lo tanto, es similar en todos los SAFC estudiados, aunque se puede resaltar que es mayor en los tipos de SAFC C1 y C4, y la moda en todos los tipos de SAFC es de 3330 plantas de café ha⁻¹ (**Tabla 6**). Por otro lado, los árboles de servicio ostentan mayor densidad en el tipo C2 con una media de 93 árboles

de servicio ha^{-1} ; mientras que en los maderables, las densidades mayores se dan tanto en el tipo *C2* como *C4*, con 34 árboles maderables ha^{-1} ; estos valores están dados solo del 38 % de los SAFC estudiados debido a que solo en estos hay presencia de árboles maderables. Asimismo, la mayor densidad de maderables con DAP (diámetro a la altura del pecho) > 30 cm se da en los tipos *C2* y *C4*, solo en el 20 % de los SAFC estudiados.

En cuanto al área total (p valor 0,5000) y área SAFC (p valor 0,5774), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de cafetales. Además, los p valor de riqueza de especies resultaron mayores al nivel de significancia, sin embargo, se puede resaltar que la mayor riqueza de especies frutales se da en el tipo *C1*, para maderables y árboles de servicio el tipo *C2*. Por otra parte, el área basal de los árboles de servicio arroja resultados mayores respecto a los frutales, siendo el tipo *C3* el de mayor área basal.

Se comprobó que la mayor producción de biomasa en los SAFC estudiados se hace presente en los árboles de servicio, encontrando diferencias estadísticamente significativas entre tipos de cafetales (p valor <0,0001), siendo el tipo *C1* la de mayor producción y la *C4* de menor; en cuanto a los frutales, se encontraron diferencias significativas entre tipos de cafetales (p valor 0,0450), el tipo *C1* presentó mayor producción; para el caso de los maderables en el 38 % de los SAFC estudiados, el tipo *C1* se distingue de las demás tipos de cafetales. Respecto al servicio ecosistémico de provisión «captura de carbono», se demostró, según datos obtenidos (**Tabla 6**), que los árboles de servicio hacen mayor aporte a la captura de carbono, encontrando diferencias estadísticamente significativas entre tipos de cafetales (p valor <0,0001), siendo el tipo *C1* la de media más alta y *C4* la más baja; además, con la captura de carbono de frutales, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tipos de cafetales (p valor <0,0001), siendo el tipo *C1* de media más alta; y respecto al 38 % de los SAFC, los árboles maderables en la captura de carbono arrojan media más alta en el tipo *C1*, lo que, a su vez, contribuye a la mitigación del cambio climático ([Gockowski & Sonwa 2011](#); [Somarriba et al. 2013](#)).

Tabla 6. Estructura de cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana

Variable	Tipo de SAFC				FR	F	P
	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>			
	Media ± E.E	Media ± E.E	Media ± E.E	Media ± E.E			
Área total (ha)	7,68 ± 1,92 ^a	11,62 ± 5,03a	9,33 ± 1,44a	35,92 ± 22,06a	na	0,80	0,5000
Área SAFC (ha)	5,33 ± 5,80 ^a	7,04 ± 5,80a	5,87 ± 5,80a	16,82 ± 5,80a	na	0,67	0,5774
Riqueza de especies frutales	5,00 ± 0,37 ^a	3,40 ± 0,58ab	3,40 ± 0,27ab	3,10 ± 0,41b	na	1,96	0,1368
Riqueza árboles de servicio	2,20 ± 0,47ab	2,80 ± 0,53a	1,60 ± 0,40ab	1,30 ± 0,36b	na	2,17	0,1085
Riqueza de especies maderables	0,50 ± 0,31ab	1,20 ± 0,47a	0,30 ± 0,21b	0,90 ± 0,35ab	na	2,02	0,1277
Riqueza total de especies	7,70 ± 0,56 ^a	7,30 ± 1,27ab	5,30 ± 0,45b	5,40 ± 0,58ab	na	2,42	0,0821
Densidad plantas de café ^a	3732,00 ± 174,94 ^a	3418,00 ± 131,88a	3366,00 ± 125,85a	3731,00 ± 174,78a	na	1,67	0,1916
Densidad de frutales ^a	75,00 ± 12,49 ^a	43,00 ± 6,33b	37,00 ± 8,83b	34,00 ± 5,81b	na	4,63	0,0079
Densidad plantas de banano ^a	450,00 ± 65,83ab	301,00 ± 76,28b	738,00 ± 169,95a	417,00 ± 105,37ab	na	2,04	0,1257
Densidad árbol de leña (servicio) ^a	56,00 ± 7,48b	93,00 ± 12,30a	84,44 ± 12,26ab	75,00 ± 12,41ab	na	2,02	0,1293
Densidad de maderables ^a	26,67 ± 12,02	34,00 ± 8,72	25,00 ± 15,00	34,00 ± 11,22	0,38	na	na
Densidad MDAP30 ^a	1,00 ± 0,00	3,67 ± 1,20	1,00 ± 0,00	2,67 ± 0,88	0,20	na	na
Densidad dosel ^a	539,00 ± 83,85ab	412,00 ± 86,55b	853,00 ± 168,43a	534,00 ± 110,69ab	na	1,88	0,1510
Densidad total ^b	4271,00 ± 109,47 ^a	3830,00 ± 181,32a	4219,00 ± 241,68a	4265,00 ± 191,76a	na	1,29	0,2947
AB frutales (m ² ha ⁻¹)	3,64 ± 0,25 ^a	1,72 ± 0,17b	1,67 ± 0,12b	1,16 ± 0,27b	na	20,33	<0,0001
AB árboles de servicio (m ² ha ⁻¹)	10,52 ± 2,27 ^a	9,76 ± 1,44a	11,03 ± 1,64a	8,03 ± 1,65a	na	1,81	0,1633
AB maderables (m ² ha ⁻¹)	6,20 ± 5,23	20,86 ± 14,20	10,10 ± 9,80	3,16 ± 1,99	0,38	na	na
ABM30 (m ² ha ⁻¹)	0,49 ± 0,00	0,42 ± 0,11	1,99 ± 0,00	0,54 ± 0,28	0,20	na	na
AB dosel (m ² ha ⁻¹)	19,34 ± 1,23 ^a	19,75 ± 1,64a	7,23 ± 1,23b	7,81 ± 1,02b	na	30,59	<0,0001
Biomasa frutales (t ha ⁻¹)	149,67 ± 37,29 ^a	32,45 ± 14,09b	44,89 ± 12,04b	33,16 ± 22,48b	na	2,98	0,0450
Biomasa árboles de servicio (t ha ⁻¹)	584,08 ± 36,99 ^a	316,52 ± 44,00b	236,19 ± 32,63b	138,50 ± 21,11c	na	37,30	<0,0001
Biomasa de maderables (t ha ⁻¹)	210,04 ± 206,69	107,08 ± 38,81	29,25 ± 28,15	31,76 ± 25,35	0,38	na	na
Carbono frutales (t ha ⁻¹)	125,39 ± 17,29 ^a	32,58 ± 16,49b	41,63 ± 22,47b	9,16 ± 16,90b	na	30,57	<0,0001
Carbono árboles de servicio (t ha ⁻¹)	292,01 ± 18,49 ^a	158,26 ± 22,00b	118,11 ± 16,31b	69,24 ± 10,55c	na	37,29	<0,0001
Carbono maderables (t ha ⁻¹)	105,01 ± 103,35	53,52 ± 19,41	14,65 ± 14,05	15,88 ± 12,66	0,38	na	na

Letras diferentes dentro de una fila indican diferencias significativas entre tipos de SAFCs (LSD Fisher, $p < 0,05$); *na* no aplica

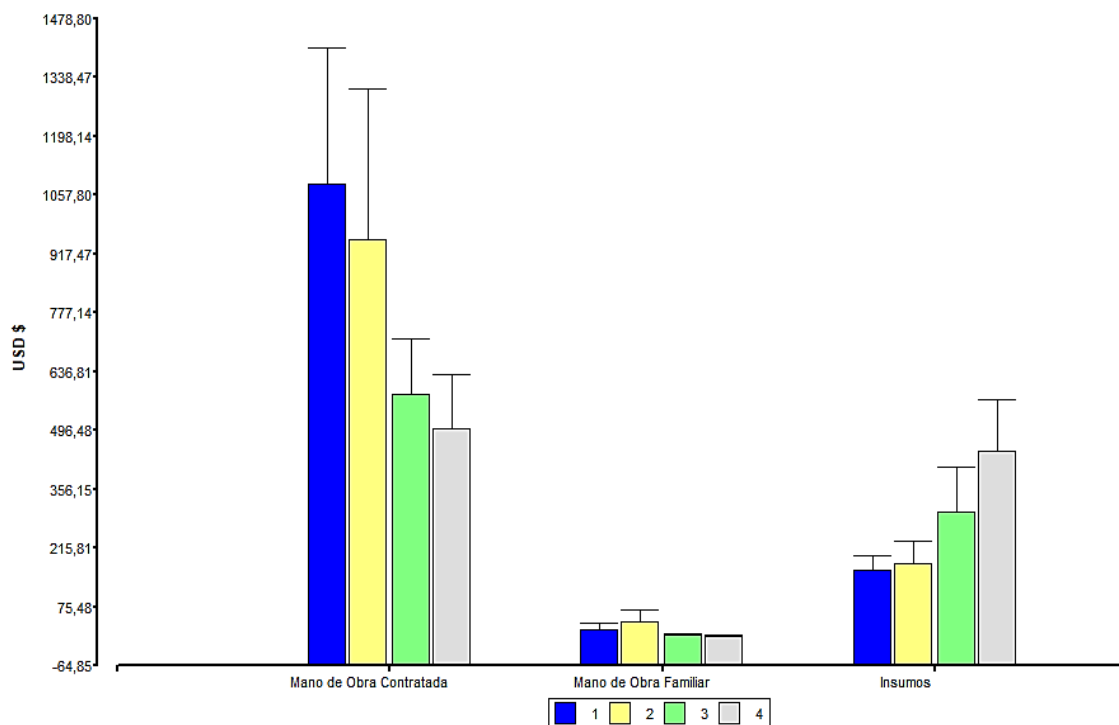
^a Densidad en individuos por hectárea. ^b Densidad total de plantas leñosas incluyendo el café

FR frecuencia relativa; *AB* área basal; *Densidad MDAP30*, número de árboles maderables con DAP > 30 cm por hectárea; *ABM30* área basal de árboles maderables con DAP > 30 cm

C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. *C2*: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. *C3*: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. *C4*: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café. Fuente: elaboración propia.

3.2 Manejo de los SAFC

De acuerdo con informaciones recabadas en este estudio, la frecuencia de prácticas de manejo es similar en los SAFC dominicanos pertenecientes a pequeños agricultores. No obstante, tal como se comprueba en esta investigación, para muchos caficultores la inversión en estas prácticas se ve reflejada generalmente en el costo de la mano de obra contratada y no en los insumos (**Figura 6**).



C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.

Figura 6. Costos por hectáreas de prácticas de manejo en sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.

Las frecuencias en prácticas de manejo en los SAFC dominicanos en general son bajas. No obstante, de los tipos de SAFC estudiados, el C2 y C4 son los que realizan mayor número de prácticas de manejo, es decir, hay mayor número de fincas en estos tipos que realizan estas prácticas. En la **Tabla 7** se puede observar que: (1) la aplicación de fertilizantes es similar en los tipos de SAFCs, entre una y dos aplicaciones al año, un 50 % hacen una fertilización y 50 % hacen dos fertilizaciones; (2) la aplicación de enmiendas (v.g.: encalado) resultó ser poco común, el tipo C2 es la que presenta mayor número de fincas en realizar una aplicación al año, siendo distinta al resto; (3) aplicación de fungicidas: el tipo C4 mostró mayor número de fincas en realizar esta práctica respecto al resto de tipos de SAFC, también con (4) aplicación de insecticidas, donde apenas el 30 % de todos los SAFC hace control de insectos y (5) aplicación de herbicidas. Para las prácticas de manejo de aplicación de fungicidas (p valor

0,0144) y aplicación de herbicidas (p valor 0,0360), se indica en la tabla que el tipo de SAFC está asociado a la aplicación de estas prácticas.

Por otra parte, (6) el control de maleza manual (p valor 0,0374) está asociado al tipo de SAFC, en los SAFC dominicanos se realiza, por lo general, dos veces al año, siendo el tipo *C3* la de mayor número de fincas que realizan esta actividad; (7) la poda en los árboles de dosel de sombra fue similar en todos los tipos de SAFC, los tipos *C1* y *C4* reportaron que todas las fincas de esos grupos realizan en sus cafetales una poda al año, el 90 % de las fincas realizan poda en los árboles; y (8) en el manejo de tejidos (poda en el café), los tipos *C1* y *C4* resultaron con mayor número de fincas que realizan esta práctica por año, no obstante, en muchas de las fincas que pertenecen a los tipos *C2* y *C3* no realizaron esta práctica, debido a que el cultivo de café en estos SAFC es de poca edad; el 57 % de los SAFC hacen poda en el café.

Estos resultados evidencian que en los SAFC dominicanos que pertenecen al tipo *C4* hacen gran uso de agroquímicos para el control de maleza, plagas y enfermedades, debido al número de aplicaciones de herbicidas, fungicidas e insecticidas que aplican por año. A pesar de que en este tipo de SAFC se apliquen agroquímicos, la frecuencia de prácticas en general sigue siendo baja.

Tabla 7. Frecuencias absolutas de prácticas de manejo por año en tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana

Variables Prácticas de manejo	Frecuencia Absoluta	Tipos de SAFC				P valor	Interpretación
		<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>		
Fertilización (aplic ⁻¹ año ⁻¹)	0	1	0	1	0	0,8885	No asociado
	1	5	5	4	5		
	2	4	5	5	5		
Enmiendas (aplic ⁻¹ año ⁻¹)	0	9	6	9	10	0,0700	No asociado
	1	1	4	1	0		
Fungicidas (aplic ⁻¹ año ⁻¹)	0	8	7	8	2	0,0144	Asociado
	1	2	3	2	8		
Insecticidas (aplic ⁻¹ año ⁻¹)	0	9	8	8	4	0,0602	No asociado
	1	1	2	2	6		
Herbicidas (aplic ⁻¹ año ⁻¹)	0	8	8	8	3	0,0360	Asociado
	1	2	2	2	7		
Control de malezas manual (año ⁻¹)	1	1	3	0	5	0,0374	Asociado
	2	9	7	10	5		
Podas (año ⁻¹)	0	0	1	2	0	0,2654	No asociado
	1	10	9	8	10		
Manejo de tejidos (año ⁻¹)	0	5	7	8	3	0,1099	No asociado
	1	5	3	2	7		

P valor corresponde al Chi Cuadrado de Pearson para un análisis de correspondencia múltiple entre las variables categóricas "prácticas de manejo" y "tipo de SAFC" (máximo verosimilitud). *Interpretación* asociación entre las variables categóricas "prácticas de manejo" y "tipo de SAFC", de acuerdo con el p valor (p < 0,05 para las variables asociadas al tipo de SAFC). *C1*: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. *C2*: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. *C3*: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. *C4*: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café. Fuente: elaboración propia.

Los costos generados tanto en efectivo (costos de mano de obra contratada y costos de insumos) como en especie (costos de mano de obra familiar), en las prácticas de manejo de los SAFC dominicanos, resultaron variables entre los tipos de SAFC (**Figura 6**). El costo de mano de obra contratada (p valor 0,0439) presentó diferencias estadísticamente significativas entre tipos de SAFC, siendo mayor en el tipo *C1* (US \$ 384,66 ha⁻¹ año⁻¹). Por otro lado, para el costo de los insumos (p valor <0,0001), se pueden ver diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de SAFC, el tipo *C4* (US \$ 343,57 ha⁻¹ año⁻¹) presenta un mayor costo respecto a los demás grupos, lo que concuerda con el gran uso de agroquímicos que se emplea en este tipo de SAFC. En cuanto al costo de mano de obra familiar, es mayor en el tipo *C2* (US \$ 94,78 ha⁻¹ año⁻¹). Para este caso, estos valores están dados solo del 30 % de los SAFC estudiados, debido a que solo en estos se genera un costo de mano de obra familiar (**Tabla 8**).

Tabla 8. Costos de mano de obra e insumos de prácticas de manejo en sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.

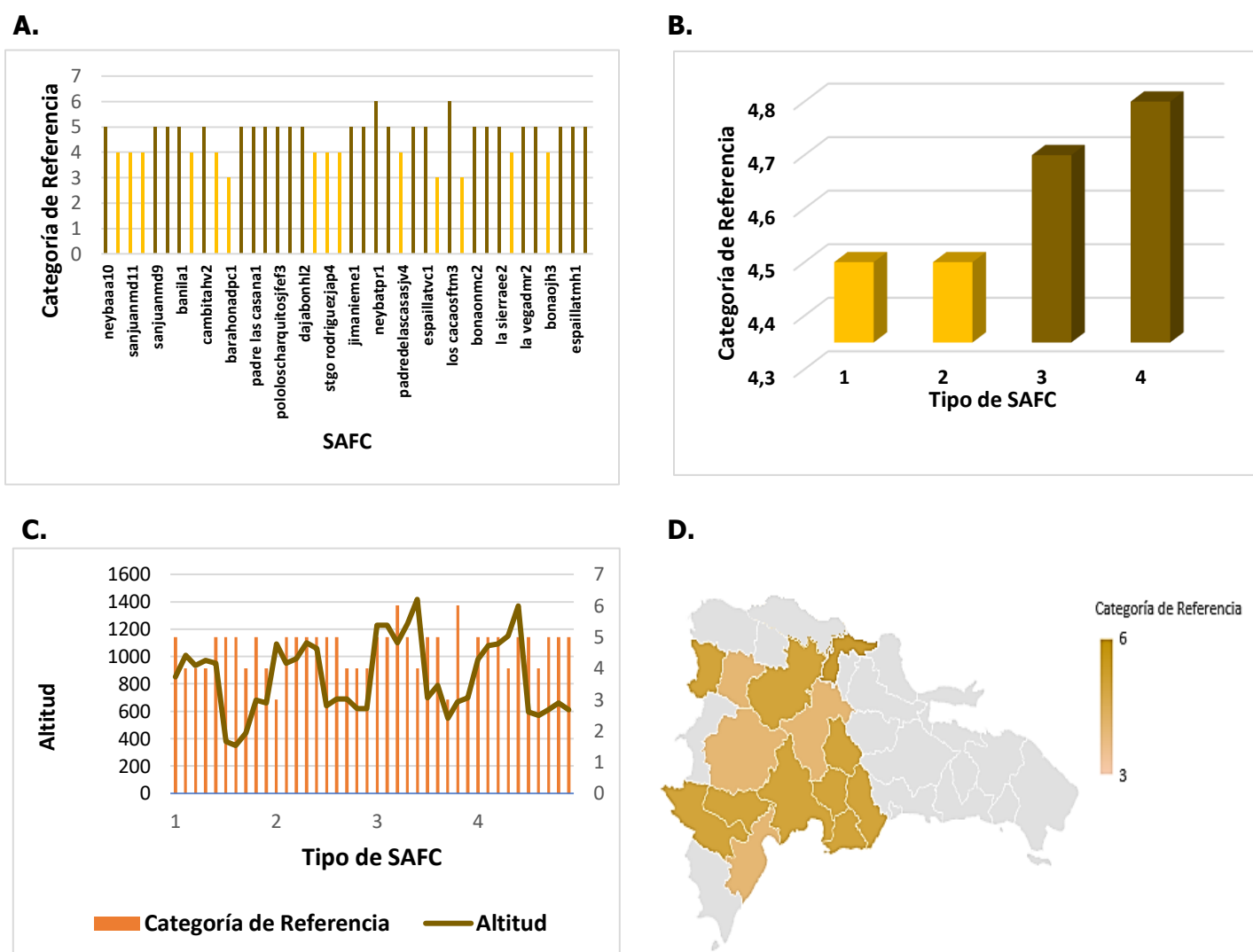
Variables	Tipo de SAFC				FR	F	P VALOR
	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>			
	Media ± E.E	Media ± E.E	Media ± E.E	Media ± E.E			
Mano de obra familiar (US \$ ha⁻¹ año⁻¹)	42,34 ± 30,12	94,78 ± 66,66	35,25 ± 13,90	42,37 ± 0,00	0,30	na	na
Mano de obra contratada (US \$ ha⁻¹ año⁻¹)	384,66 ± 88,82a	195,23 ± 57,66c	308,78 ± 67,84ab	207,66 ± 60,22bc	na	2,99	0,0439
Insumos (US \$ ha⁻¹ año⁻¹)	45,13 ± 16,48d	73,40 ± 13,95c	169,19 ± 20,10b	343,57 ± 20,17a	na	90,26	<0,0001

Letras diferentes dentro de una fila indican diferencias significativas entre tipos de SAFC (LSD Fisher, p < 0,05). *EE* error estándar; *FR* frecuencia relativa; *na* no aplica. *C1*: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. *C2*: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. *C3*: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. *C4*: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café. Fuente: elaboración propia.

3.3 Vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático

En general, todos los tipos de SAFC son vulnerables al cambio climático y presentan baja capacidad adaptativa, lo que constituye un indicador de alerta para la caficultura dominicana. La evaluación participativa realizada para demostrar el nivel de vulnerabilidad y adaptabilidad de cada unidad productiva en los últimos cinco años derivó resultados como: (1) visión general de la situación climática actual en 40 SAFC representativos dominicanos y su discriminación por altitud y por tipo de SAFC, donde se pudo comprobar que el 60 % de los SAFC dominicanos se encuentran en la categoría cinco "vulnerabilidad y capacidad adaptativa medianamente críticas" (SAFC ubicados entre 350 msnm-1370 msnm, presente en los cuatro tipos estudiados); el 27,5 % de los SAFC se encuentran en la categoría cuatro "vulnerabilidad y capacidad adaptativa regulares" (SAFC ubicados entre 440 msnm-1417 msnm, presente en las cuatro tipos estudiados); el 7,5% de los SAFC se encuentran en la categoría tres "vulnerabilidad y capacidad adaptativa moderadas" (SAFC ubicados entre 550 msnm-1091 msnm, presente en los tipos C2 y C3) y el 5 % de los SAFC se encuentran en la categoría seis "vulnerabilidad y capacidad adaptativa críticas" (SAFC ubicados entre 670 msnm-1100 msnm, presente en el tipo C3) (**Figura 7A**) (**Figura 7C**); (2) vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático en tipos de SAFC, donde se corroboró que el 62,5 % (C3 y C4) de los SAFC estudiados se encuentran en la categoría cinco, y el 37,5 % (C1, y C2) se encuentran en la categoría cuatro (**Figura 7B**); y (3) vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático en provincias que forman parte del estudio: cuanto más aumenta el número de categoría, mayor es el riesgo y vulnerabilidad frente al cambio climático, por tal razón, las provincias Santiago Rodríguez (Regional noroeste), La Vega y Monseñor Nouel (Regional norcentral), San Juan de la Maguana (Regional suroeste) y Barahona (Regional sur) son las provincias de menor riesgo o de vulnerabilidad y capacidad adaptativa moderada (**Figura 7D**). Ninguno de los SAFC estudiados registró una baja vulnerabilidad y alta capacidad adaptativa al cambio climático.

La vulnerabilidad y capacidad adaptativa medianamente crítica en los SAFC estudiados está relacionada con cambios bruscos de temperatura, sequía o ausencia de agua en el mayor de los casos, y lluvias esporádicas. Todo esto ha repercutido en la baja fertilidad de los suelos, floración irregular del café, lo que influye directamente en la disminución de la producción. Por otra parte, los caficultores realizan pocas prácticas de conservación de suelos y el manejo a los árboles del dosel de sombra es inadecuado por el exceso de sombra en muchas de las fincas (**Tabla 9**).



Categorías: (3) Vulnerabilidad y capacidad adaptativa moderada; (4) Vulnerabilidad y capacidad adaptativa regulares; (5) Vulnerabilidad y capacidad adaptativa medianamente críticas; y (6) Vulnerabilidad y capacidad adaptativa críticas. Ver también *Error!* No se encuentra el origen de la referencia.. C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.

Figura 7. Representación gráfica de la vulnerabilidad al cambio climático en sistemas agroforestales de café en República Dominicana, según la metodología de Villareyna et al (2007) en los SAFC estudiados. A. Visión general de la vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático en 40 SAFC representativos de República Dominicana. B. Vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático en tipos de SAFC. C. Discriminación de vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático por altitud y por tipo de SAFC. D. Distribución geográfica de vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático en provincias que forman parte del estudio. Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Aspectos que afectan la vulnerabilidad y capacidad adaptativa frente al cambio climático en sistemas agroforestales de café de República Dominicana

Factores críticos (Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa)	Porcentaje de Fincas AFECTADAS			
	SAF C1	SAF C2	SAF C3	SAF C4
	(n= 10)	(n= 10)	(n= 10)	(n= 10)
1. Aumento de temperatura	100	100	100	90
2. Lluvias irregulares	80	50	70	90
3. Inundaciones y derrumbes	10	0	10	40
4. Huracanes y tormentas	20	10	40	10
5. Sequías	90	90	70	90
6. Vientos fuertes incrementados	10	10	20	20
7. Señales de erosión del suelo	30	50	40	40
8. Baja en fertilidad del suelo	90	70	90	90
9. Floración irregular del café	70	60	60	80
10. Caída de flores, frutos. Defoliación	60	20	50	80
11. Plagas y enfermedades del café	60	50	50	90
12. Reducción en producción de café	90	60	70	70
13. Falta de conservación de suelo	100	80	90	100
14. Suelos sin cobertura	0	0	10	10
15. Baja diversificación	20	50	40	40
16. Exceso de sombra o sol	60	70	70	80
17. Cafetales viejos	40	50	70	20
18. Ausencia de variedades mejoradas	10	0	20	20
19. Deficiente de podas y deshijes de café	60	70	60	30
20. Ausencia de resiembra de café	30	50	20	10
21. Altas dosis de N al cafetal	0	0	20	50
22. Ausencia de abonos orgánicos	40	60	60	50
23. Ausencia de árboles en fuentes de agua	10	10	0	0
24. Otros usos de la finca sin árboles	10	10	0	0
25. Falta de organización para adaptación	100	10	90	100

3.4 Rendimiento de productos agroforestales

La mayor producción registrada en todos los tipos de SAFC se obtuvo de las frutas cosechadas cada año (café, banano, cítricos y aguacate), mientras que la madera mostró volúmenes de importancia especialmente en el tipo de SAFC *C3* (3005,28 ft³ ha⁻¹), valor dado solo del 20% de los SAFC estudiados, debido a que solo estos podrían aprovechar la madera (**Tabla 10**). Sin embargo, estos rendimientos en la madera son bajos.

El rendimiento de café en SAFC dominicanos es bajo; el mismo no superó en promedio los 5 qq pergamino seco ha⁻¹año⁻¹ en todos los tipos de SAFC estudiados. Se encontró diferencias estadísticamente significativas en los rendimientos de café entre los tipos de SAFC (p valor 0,0195), además, el SAFC que tuvo mayor rendimiento de café fue el *C4* con 4,95 qq pergamino seco ha⁻¹año⁻¹, mientras que el menor rendimiento fue en el *C3* con 1,71 qq pergamino seco ha⁻¹año⁻¹. Los rendimientos de café en SAFC estudiados tienen una mediana de 3,75 qq pergamino seco ha⁻¹año⁻¹, lo que indica que la mitad de los SAFC tienen rendimientos por encima de este valor y la otra mitad por debajo.

En otro orden, los tubérculos (*D. alata*, *X. sagittifolium*, *M. esculenta* y *A. xanthorrhiza*) en los SAFC dominicanos son abundantes, por lo tanto, su rendimiento es valioso generalmente para el consumo interno de las familias; el 30 % de los SAFC aprovecha los tubérculos. Los frutales como el banano (*M. sapientum*), aguacate (*P. americana*), y los cítricos (especialmente las naranjas, *C. sinensis*) representaron rendimientos notables destinados tanto a las ventas como al consumo interno de las familias; los cítricos (p valor 0,0224) y el aguacate (p valor 0,0372) mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tipos de SAFC y los cítricos arrojaron mayor rendimiento respecto a los demás frutales. Por otro lado, no está de más mencionar que, generalmente, la gran parte del dosel de sombra en los SAFC dominicanos es de banano, por lo tanto, las familias tienen en sus fincas altas densidades de este frutal (**Tabla 6**). El rendimiento de este producto es considerado importante, en ese sentido, el tipo *C3* reportó mayor rendimiento de bananos (335,39 racimos ha⁻¹ año⁻¹), mientras que el tipo *C4* reportó menor rendimiento (70,48 racimos ha⁻¹ año⁻¹) (**Tabla 10**). Otras frutas y productos agroforestales que cultivan los agricultores en los SAFC son: *M. indica*, *P. guajava*, *P. sapota*, *C. pepo*, *C. papaya* y otras especies de frutas tradicionalmente comunes y mucho menos frecuentes, destinadas, principalmente, al consumo interno. Los rendimientos de otras frutas se detallan a continuación en unidades ha⁻¹ año⁻¹ y otros productos en qq ha⁻¹ año⁻¹.

En cuanto a la producción de madera, es notable que los cafetales de tipo *C3* y *C4* tienen mayores rendimientos, muchas de estas fincas ubicadas en las regionales sur y suroeste; los árboles más comunes con rendimiento aceptable para el aprovechamiento de la misma fueron *C. odorata*, *C. alliodora*, *P. caribaea*, *S. mahagoni*, *G. guidonia* y *S. glauca* (ver también **Anexo 3**). Otros productos agroforestales como los materiales medicinales no se tomaron en cuenta debido a su baja relevancia, muy bajos rendimientos, además, son difíciles de cuantificar con exactitud, los agricultores comunicaron que, cuando se requiere, utilizan «algunas ramas y hojas» de algunos árboles en los SAFC como medicamento o para preparar algún remedio casero.

Tabla 10. Rendimientos de los principales productos agroforestales en los tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana

Producto agroforestal	Variable	C1 Media ± E.E	C2 Media ± E.E	C3 Media ± E.E	C4 Media ± E.E	FR	F	P VALOR	R.D Media ± E.E
Café	%PFC	100	100	100	100				100
	qq pergamino seco ha ⁻¹ año ⁻¹	2,08 ± 0,52b	2,44 ± 0,35b	1,71 ± 0,39b	4,95 ± 0,90a	na	3,75	0,0195	6,33 ± 1,21
Banano	%PFC	100	100	100	100				100
	racimos ha ⁻¹ año ⁻¹	169,97 ± 49,80a	93,60 ± 37,69a	335,39 ± 163,50a	70,48 ± 16,53a	na	0,95	0,4271	167,36 ± 45,38
Cítricos	%PFC	100	80	80	70				83
	unidades ha ⁻¹ año ⁻¹	5278,72 ± 2272,47a	1971,50 ± 1536,04b	1154,54 ± 440,48b	1135,55 ± 418,36b	na	3,74	0,0224	2598,31 ± 826,73
Aguacate	%PFC	90	80	40	40				63
	unidades ha ⁻¹ año ⁻¹	2123,00 ± 554,03a	722,92 ± 422,50b	579,50 ± 525,70b	584,92 ± 394,60b	na	3,42	0,0372	1170,06 ± 252,92
Tubérculos	%PFC	40	30	40	10				30
	qq ha ⁻¹ año ⁻¹	36,32 ± 19,37	2,16 ± 1,59	7,62 ± 6,60	0,53 ± 0,00	0,30	na	na	15,23 ± 7,68
Otras frutas	%PFC	50	10	10	20				23
	unidades ha ⁻¹ año ⁻¹	2373,30 ± 1429,45	958,47 ± 0,00	2000,00 ± 0,00	3019,61 ± 2313,73	0,23	na	na	2318,24 ± 870,21
Otros productos	%PFC	20	40	20	10				23
	qq ha ⁻¹ año ⁻¹	5,15 ± 3,95	2,81 ± 1,55	2,40 ± 0,80	49,92 ± 0,00	0,25	na	na	8,14 ± 4,80
Madera	%PFC	30	50	10	30				30
	VMP30 (ft3 ha ⁻¹)	1801,05 ± 0,00	2463,79 ± 1619,42	3005,28 ± 0,00	2729,82 ± 2106,93	0,20	na	na	2548,40 ± 878,90

Fuente: elaboración propia.

Ft³=0,0283168 m³, qq=quintal

Letras diferentes dentro de una fila indican diferencias significativas entre tipos de SAFC (LSD Fisher, p < 0,05); na no aplica

EE error estándar; FR frecuencia relativa; RD República Dominicana (40 SAFC), %PFC porcentaje de fincas que cosechan el producto en 2019, VMP30 volumen de la madera en pie de árboles con DAP >30 cm; Cítricos la suma de unidades de fruta de *Citrus sinensis* Osbeck, *Citrus reticulata* Blanco., *Citrus paradisi* Macfad y *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle; Tubérculos la suma de quintales de *Dioscorea alata* L., *Xanthosoma sagittifolium* L., *Manihot esculenta* Crantz y *Arracacia xanthorrhiza* Bancr; Otras frutas la suma de unidades de fruta de *Mangifera indica* L., *Psidium guajava* L., *Passiflora edulis* Sims y *Ananas comosus* L. (estas dos últimas se encuentran en un área específica y el perímetro del SAFC); Otros productos la suma de quintales de frutos de *Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn, *Theobroma cacao* L., *Zea mays* L., *Cucurbita pepo* L., *Annona muricata* L., *Carica papaya* L. y *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.

Los SAFC pertenecientes al tipo *C1* se asociaron, principalmente, con altos rendimientos de frutas; los de *C2* se asociaron con moderados rendimientos de café y con altas densidades de árboles de servicio, particularmente *Inga vera* (ver también **Tabla 6**); los del *C3* con altas densidades de banano y madera, por lo tanto, altos rendimientos de esta fruta, mientras que los del *C4* mostraron claramente altos rendimientos de café y de otros productos agroforestales como *P. sapota* y *C. pepo*.

De acuerdo con los principales productos agroforestales vendidos o destinados para consumo interno de las familias, a continuación, se muestran las unidades y precios (en US\$ y en RD\$) mediante el cual el producto es comercializado (**Tabla 11**). Además del café como cultivo principal en las unidades productivas visitadas en esta investigación, se pudo percibir, mediante conversaciones con agricultores, que, a pesar de que los precios en el mercado son muy variables, los precios de los productos que tienen en su cafetal son eventualmente altos, sin embargo, algunos de ellos por su reducido tamaño en las fincas no prestan mayor atención a muchos de estos productos, dejándolos para consumo interno a sus familias; además de que, cuando deciden vender comercializan mediante intermediarios, lo que hace que reduzcan sus ganancias.

Tabla 11. Precios de los principales productos en sistemas agroforestales de café en República Dominicana

Producto agroforestal		Unidad	Precio US\$	Precio RD\$
	Café	qq pergamino seco	156,83	8688,44
	Aguacate	unidad	0,22	12,19
	Banano	racimo	3,23	178,94
	Cítricos			
	<i>Citrus sinensis</i>	unidad	0,05	2,77
	<i>Citrus reticulata</i>	unidad	0,08	4,43
	<i>Citrus paradisi</i>	unidad	0,09	4,99
	<i>Citrus aurantifolia</i>	unidad	0,07	3,88
	Tubérculos			
	<i>Dioscorea alata</i>	qq	37,86	2097,46
	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	qq	47,05	2606,59
	<i>Manihot esculenta</i>	qq	28,30	1567,83
	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	qq	30,20	1673,09
	Otras frutas			
	<i>Mangifera indica</i>	unidad	0,09	4,99
	<i>Psidium guajava</i>	unidad	0,06	3,32
	Otros productos			
	<i>Pouteria sapota</i>	qq	7,57	419,38
	<i>Carica papaya</i>	qq	14,15	783,92
	<i>Cucurbita pepo</i>	qq	18,09	1002,19

Fuente: elaboración propia.

Precio US\$ tasa al día en que se realizó la entrevista al caficultor

Precio RD\$ tasa al día en que se elaboró esta tabla (mayo 2020)

De acuerdo con las perspectivas y conocimientos de los caficultores entrevistados, se enfatizó en cuatro razones por las que se generan pérdidas en SAFC dominicanos. El 95 % de los productores expresaron que, generalmente, las pérdidas en los productos agroforestales se dan por plagas, especialmente en el café (v.g.: Broca (*Hypothenemus hampei*)), el 87 % dijeron también que los eventos climáticos (v.g.: sequía y exceso de lluvia) influyen en estas pérdidas, mientras que el 45 % de los productores dijeron que las enfermedades y la mano de obra deficiente constituyen un factor importante en las pérdidas de los productos en los SAFC (**Figura 8**).



Figura 8. Pérdidas de productos agroforestales en sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.

3.5 Indicadores socioeconómicos

Tal como se aprecia en la **Tabla 12**, los indicadores socioeconómicos en los SAFC dominicanos registraron en promedio números positivos. Los indicadores Ingreso Neto (IN) y Flujo de Efectivo (FE) están entre los más importantes, para los cuales el 82.5 % de los SAFC mostraron valores positivos y un 17.5 % negativos. El menor IN se dio en el tipo de SAFC *C3* (US\$ 455,35 ha⁻¹ año⁻¹), y mayor en el tipo *C4* (US\$ 1128,27 ha⁻¹ año⁻¹), seguido de *C1* (US\$ 836,74 ha⁻¹ año⁻¹). Asimismo, el FE también fue menor en el tipo *C3* (US\$ 462,40 ha⁻¹ año⁻¹), y mayor en el tipo *C4* (US\$ 1132,51 ha⁻¹ año⁻¹).

Los IN negativos fueron causados por altos costos en efectivo (CEF). Esto debido, principalmente, al costo de la mano de obra contratada. Mientras que los costos en especie (CE) fueron muy bajos; se encontró que solo del 30% de los SAFC estudiados tienen una inversión considerable de mano de obra familiar.

El Beneficio Familiar (BF) refleja la contribución general de los sistemas, fue positivo en el 90 % de los SAFC estudiados y negativo en el 10 %. El tipo *C1* mostró un BF mayor (US\$ 1655,51 ha⁻¹ año⁻¹) que la mayoría de los tipos de SAFC, seguido de *C4* (US\$ 1077,47 ha⁻¹ año⁻¹) y *C2* (US\$ 884,31 ha⁻¹ año⁻¹).

Es importante destacar que todos los SAFC fueron estadísticamente similares en la mayoría de los indicadores socioeconómicos (Tabla 11), pero fueron diferentes en Valor de Autoconsumo (VA) (p valor 0,0161). El tipo *C1* registró el mayor VA (US\$ 819,57 ha⁻¹ año⁻¹), que fue al menos cinco veces mayor que el *C4* y al menos dos veces mayor que los otros tipos.

En general, se puede decir que los tipos de SAFC *C4* y *C1* mostraron una tendencia hacia indicadores socioeconómicos más altos, contabilizados por unidad de área y por año. Esto es un indicio de que los SAFC del tipo *C4* y *C1* serían los más eficientes, y el tipo *C3* representaría el menos eficiente en términos generales.

Los principales productos agroforestales que contribuyeron a los indicadores socioeconómicos fueron el café, el banano, las frutas (especialmente cítricos y aguacate); el valor de la madera en pie fue calculada y mostrada por separado porque este tipo de ingreso no se da todos los años (los productores no cosechan cada año), más bien representa un ahorro. Con la media obtenida del FE en el tipo *C4*, se demostró que el café es el principal cultivo comercial, a pesar de los bajos rendimientos en general que tienen los SAFC dominicanos; en el tipo *C4* se obtuvieron mayores rendimientos (**Tabla 10**), además de que en este grupo se realizan mayores prácticas de manejo (**Tabla 7**). Sin embargo, de acuerdo con los valores obtenidos en el BF del tipo *C1*, se demostró que el banano y las frutas son importantes para la economía del pequeño caficultor dominicano y que el VA funciona como ahorro familiar. Por otra parte, la madera en pie representa una fuente de ingresos interesante como, por ejemplo, en los tipos *C3* (US\$ 2794,91 ha⁻¹) y *C4* (US\$ 2538,74 ha⁻¹). Sin embargo, se puede decir que solo en el 20 % de los SAFC estudiados hay aprovechamiento maderable.

Tabla 12. Valores de los indicadores socioeconómicos en los tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana

Indicadores socioeconómicos ^a	Tipos de SAFCs				FR	F	P
	C1	C2	C3	C4			
	Media ± E.E	Media ± E.E	Media ± E.E	Media ± E.E			
IB (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	1958,78 ± 319,46a	1219,12 ± 304,59a	1173,24 ± 268,20a	1568,70 ± 297,08a	na	1,45	0,2458
IN (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	836,74 ± 519,64a	466,98 ± 412,17a	455,35 ± 197,08a	1128,27 ± 561,43a	na	0,55	0,6770
FE (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	857,91 ± 525,01a	504,90 ± 411,70a	462,40 ± 194,89a	1132,51 ± 559,30a	na	0,55	0,6767
VA (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	819,57 ± 260,02a	343,91 ± 156,41ab	318,22 ± 156,41b	128,15 ± 49,19b	na	3,93	0,0161
BF (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	1655,51 ± 529,21a	884,31 ± 196,36a	777,02 ± 280,59a	1077,47 ± 206,92a	na	0,87	0,5267
CEF (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	1247,16 ± 339,29a	1129,72 ± 389,34a	882,69 ± 174,66a	947,41 ± 214,03a	na	0,04	0,9900
CE (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	42,34 ± 30,12	94,78 ± 66,66	35,25 ± 13,90	42,37 ± 0,00	0,30	na	na
MP valor (US\$ ha ⁻¹)	1674,98 ± 0,00	2291,32 ± 1506,06	2794,91 ± 0,00	2538,74 ± 1959,45	0,20	na	na

Fuente: elaboración propia.

Letras diferentes dentro de una fila indican diferencias significativas entre tipos de SAFC (LSD Fisher, $p < 0,05$)

IB: ingresos brutos, IN: ingresos netos, FE: flujo de efectivo, VA: valor de autoconsumo, BF: beneficio familiar, CEF: costos en efectivo, CE: costos en especie, DLF: número de días laborales invertidos por miembros de la familia, BFDL: beneficio de la familia por día laboral, MP: valor de la madera en pie, na: no aplica.

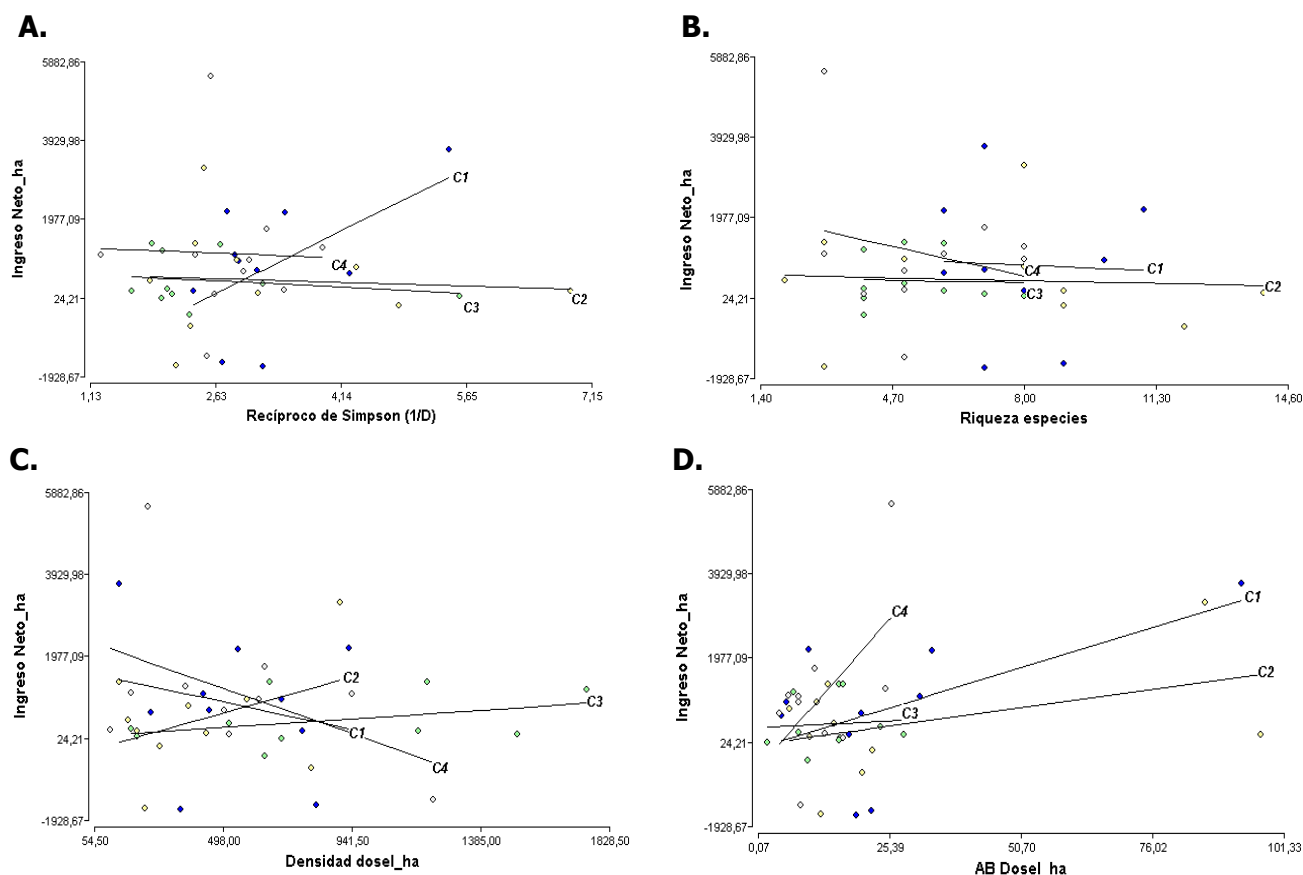
^aIndicadores socioeconómicos: suma de las contribuciones de café, banano y frutas.

C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.

3.6 Relaciones entre indicadores socioeconómicos y diversidad botánica

Ingresos Netos (IN)

El IN tuvo relaciones significativas con una de cuatro variables de diversidad botánica. Se registró efecto significativo entre IN y Área Basal Dosel (AB Dosel) (p valor 0,0200) (**Tabla 13**). Sin embargo, visto por cada tipo de SAFC, el cruce de líneas, como se observa en la figura 9, evidencia que existió relación del IN con el recíproco de Simpson, por ejemplo, relación lineal positiva en el tipo *C1*. Además, se observó relación lineal positiva en el tipo *C4* para área basal dosel y ligeramente también en el *C1* (**Figura 9**). El IN no se relacionó significativamente con la riqueza de especies ni la densidad de dosel.

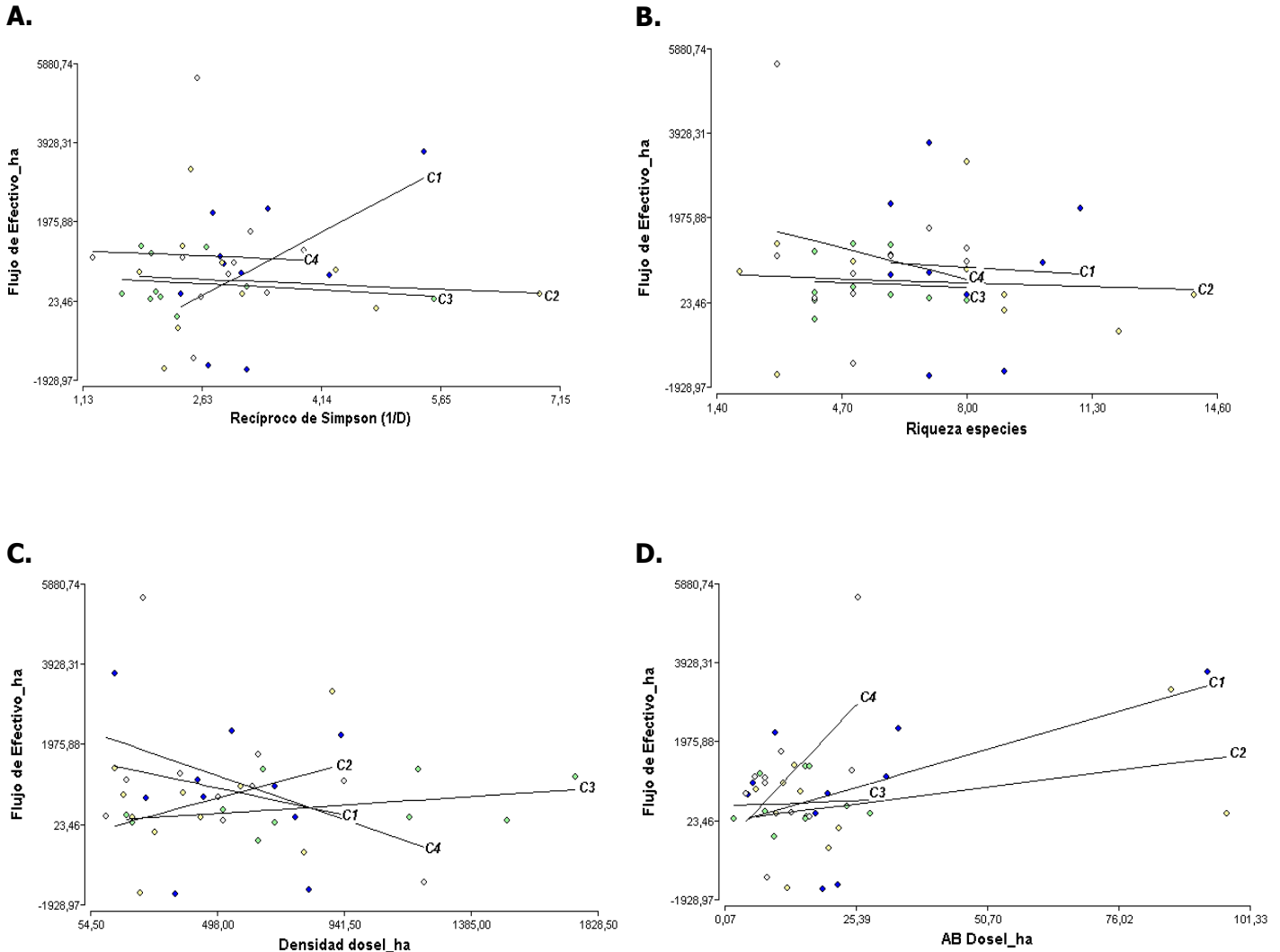


C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.

Figura 9. Relaciones entre ingreso neto y variables de diversidad botánica. A. Índice recíproco de Simpson (1/D), B. Riqueza de especies arbóreas, C. Densidad dosel y D. Área basal dosel, en cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.

Flujo de Efectivo (FE)

El FE demuestra que las tendencias de las relaciones son diferentes para cada tipo de SAFC en las variables representativas de diversidad. Existe efecto significativo entre FE y AB de dosel (p valor 0,0215) (**Tabla 13**). Por otro lado, existe interacción significativa entre recíproco de Simpson y tipo de SAFC (p valor 0,0260); indicando que hay relación lineal positiva en tipo *C1* para el recíproco de Simpson, además, se observa relación lineal positiva en el tipo *C4* para AB de dosel (**Figura 10**). La riqueza de especies no registró valores significativos, es decir, que no importa si aumenta la riqueza de especies, el FE sería el mismo. El FE no se relaciona significativamente con densidad dosel, sin embargo, se puede apreciar una ligera relación lineal positiva para el tipo *C2*.

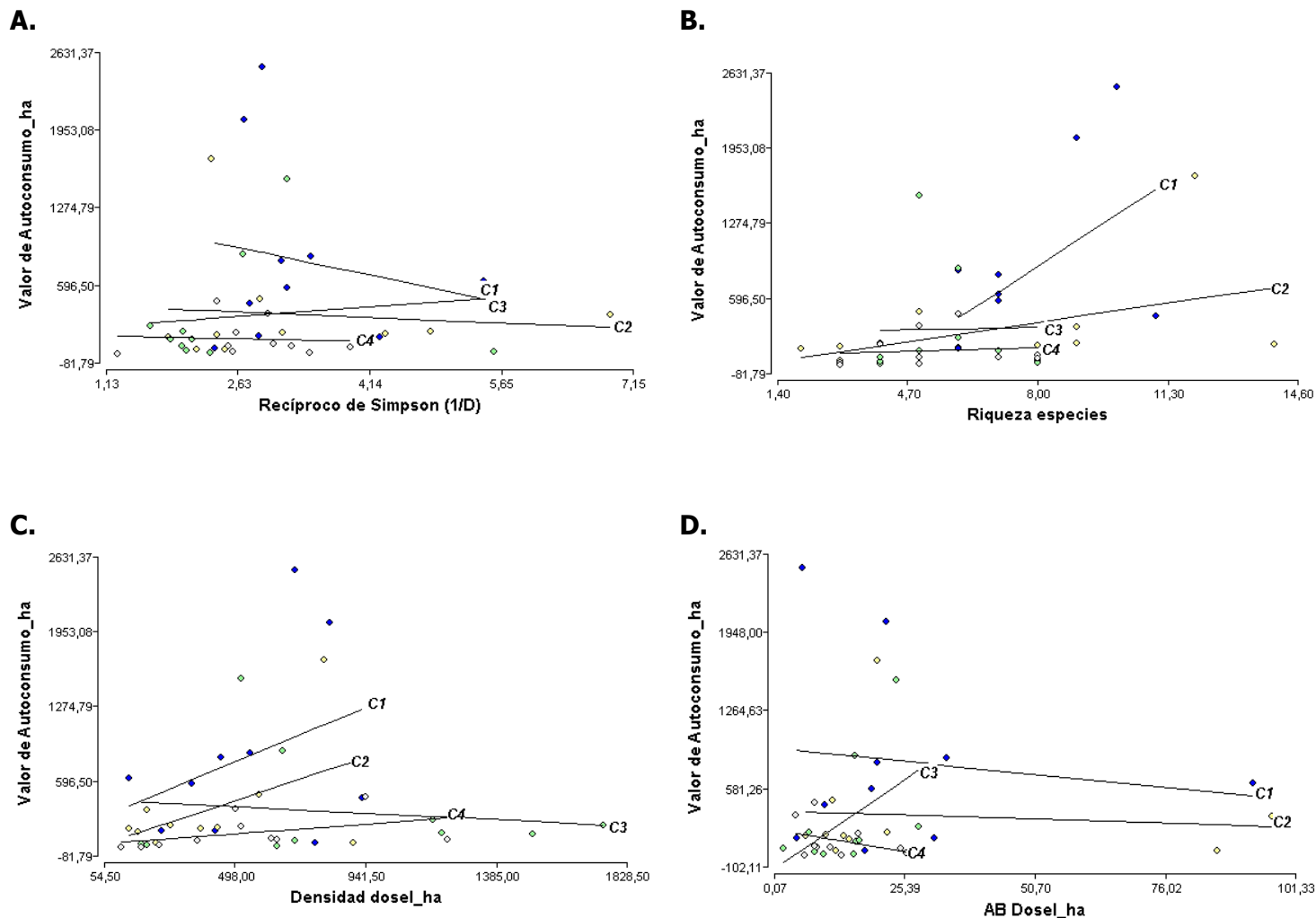


C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.

Figura 10. Relaciones entre flujo de efectivo y variables de diversidad botánica. A. Índice recíproco de Simpson (1/D), B. Riqueza de especies arbóreas, C. Densidad dosel y D. Área basal dosel, en cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.

Valor de Autoconsumo (VA)

Existió efecto significativo entre VA y riqueza de especies (p valor $<0,0001$), y entre VA y densidad de dosel (p valor $0,0026$) (**Tabla 13**). La relación lineal positiva en *C1* para riqueza de especies, *C1* y *C2* para densidad de dosel, fueron las más evidentes. Tanto recíproco de Simpson como AB dosel no obtuvieron valores significativos, a pesar de que se observan algunas pequeñas relaciones lineales en algunos tipos de SAFC. Para la variable AB dosel, se obtuvo efecto notorio significativo y positivo (p valor $0,0001$) solo en el caso del *C3*, es decir, que, a medida que aumenta el AB dosel, aumenta el VA para ese tipo de sistema (**Figura 11**).

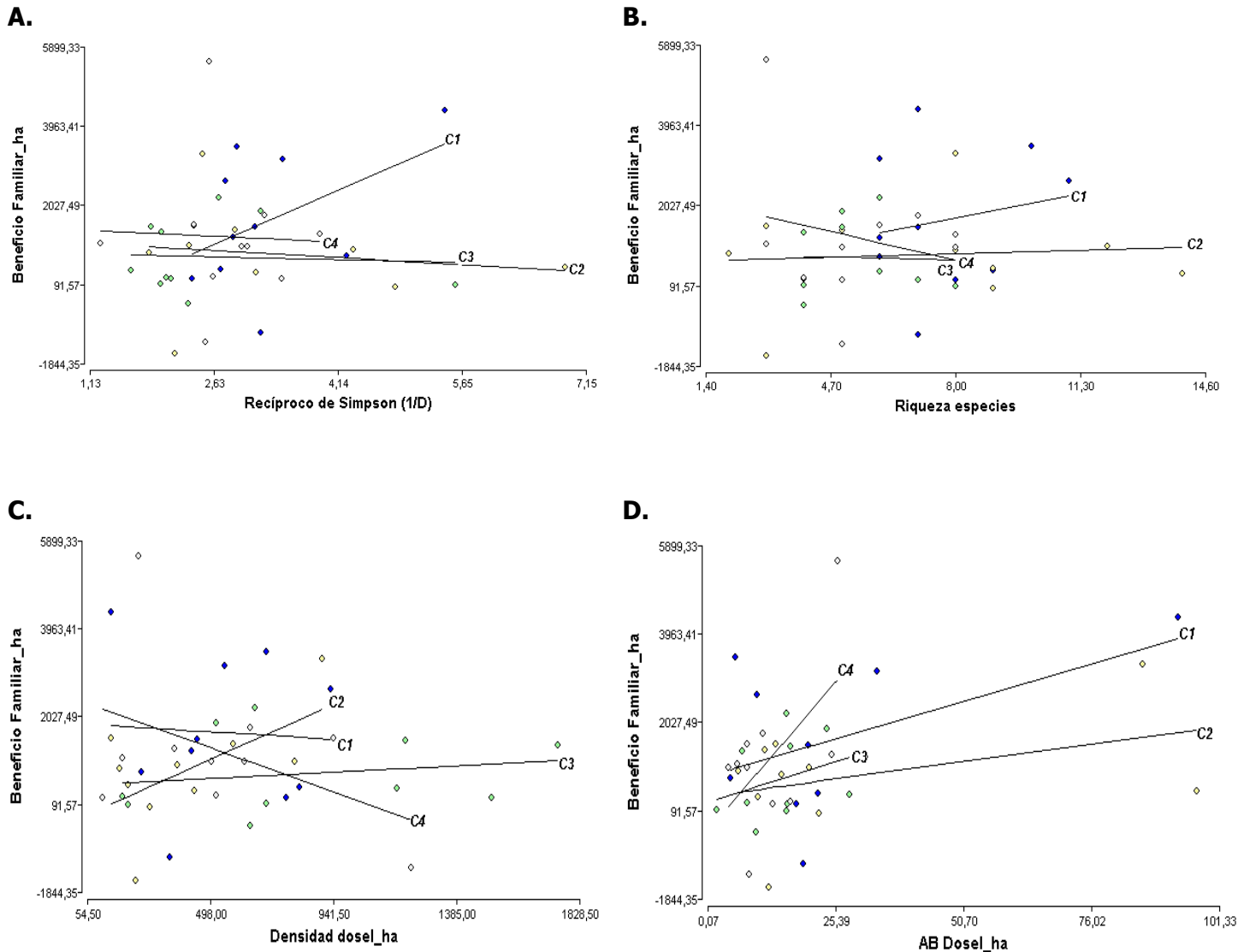


C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.

Figura 11. Relaciones entre valor de autoconsumo y variables de diversidad botánica. A. Índice recíproco de Simpson (1/D), B. Riqueza de especies arbóreas, C. Densidad dosel y D. Área basal dosel, en cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.

Beneficio Familiar (BF)

El BF mostró que las tendencias de las rectas son diferentes para cada tipo de SAFC al igual que para los otros indicadores. Existió efecto significativo y positivo entre BF y AB dosel (p valor 0,0171) (**Tabla 13**) y para todos los tipos de SAFC (**Figura 12**). También se registró interacción significativa entre recíproco de Simpson y tipo de SAFC (p valor 0,0158); indicando que hay relación lineal positiva en el tipo *C1* para el recíproco de Simpson, además, se observa tendencia a una relación lineal positiva en el tipo *C1* para riqueza de especies, *C2* para densidad dosel, *C4* para AB dosel y ligeramente en *C1* y *C2*; a pesar de que estas no hayan presentado valores significativos (**Figura 12**).



C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.

Figura 12. Relaciones entre beneficio familiar y variables de diversidad botánica. A. Índice recíproco de Simpson (1/D), B. Riqueza de especies arbóreas, C. Densidad dosel y D. Área basal dosel, en cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.

Para IN, FE y BF la interacción entre recíproco de Simpson y tipo de SAFC resultó significativa (p valor $< 0,05$), lo que quiere decir que la ordenada al origen y la pendiente de dichas rectas de regresión son diferentes. Ninguna de estas variables socioeconómicas (IN, FE y BF) se relaciona significativamente con la riqueza de especies y la densidad de dosel. Sin embargo, las variables socioeconómicas IN, FE y BF tienen relación significativa con área basal, aunque para esta variable de diversidad no hubo efecto de interacción ni de tipo de SAFC. Para VA existe interacción entre riqueza de especies y tipo de SAFC, así como densidad dosel y tipo de SAFC; esta variable socioeconómica no tiene relación significativa con AB dosel, no obstante, muestra un efecto de tipo de SAFC. A continuación, se detallan las pruebas de hipótesis marginales provenientes de análisis realizados (**Tabla 13**).

Tabla 13. Resumen de pruebas de hipótesis marginales utilizando modelo de regresión lineal general y mixto.

Variable socioeconómica	Variable de biodiversidad	Covariable	Tipo de SAFC	Interacción (Covariable * Tipo de SAFC)	Coeficiente de determinación (R^2)
				p-valor	
Ingreso Neto	Recíproco Simpson	0,1395	0,0544	0,0285	0,14
	Riqueza especies	0,5523	0,8559	0,9530	0,06
	Densidad dosel	0,6100	0,0920	0,1611	0,19
	AB dosel	0,0200	0,8788	0,1943	0,32
Flujo de Efectivo	Recíproco Simpson	0,1427	0,051	0,0260	0,14
	Riqueza especies	0,5222	0,8623	0,9561	0,06
	Densidad dosel	0,5938	0,1049	0,1767	0,18
	AB dosel	0,0215	0,8703	0,1905	0,31
Valor de Autoconsumo	Recíproco Simpson	0,4034	0,1087	0,2745	0,15
	Riqueza especies	$<0,0001$	0,0002	$<0,0001$	0,30
	Densidad dosel	0,0026	0,4233	0,0330	0,27
	AB dosel	0,3524	0,0001	0,4810	0,20
Beneficio Familiar	Recíproco Simpson	0,1923	0,0703	0,0158	0,12
	Riqueza especies	0,9626	0,7908	0,7873	0,10
	Densidad dosel	0,4775	0,0705	0,1581	0,10
	AB dosel	0,0171	0,7265	0,2912	0,29

Covariable variable de biodiversidad botánica

Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de salidas de InfoStat ([Di Rienzo et al. 2020](#)).

3.7 Seguridad alimentaria

Se encontraron 23 productos agroforestales destinados para autoconsumo de las familias que forman parte de este estudio. De acuerdo con los hallazgos obtenidos en esta investigación, los productos agroforestales de autoconsumo en los SAFC dominicanos que hacen mayor aporte a la seguridad alimentaria, debido a que contienen los siete grupos nutricionales, son *C. sinensis* y *C. papaya*. No obstante, es posible que, con un mínimo de cinco especies o productos agroforestales que pertenezcan a los diferentes grupos nutricionales, aún se pueda tener una dieta nutritiva para las familias; lo que quiere decir que gran parte de los productos agroforestales destinados para autoconsumo en los cafetales estudiados son importantes para la dieta humana (**Tabla 14**).

Por otro lado, se evidencia que el grupo nutricional menos encontrado en los productos agroforestales fue el ácido fólico representando solo el 13 % (*C. annuum*, *C. sinensis* y *C. papaya*) de los productos de consumo interno para las familias. Sin embargo, las proteínas y los carbohidratos están presentes en los 23 productos agroforestales encontrados, el hierro en 22 productos agroforestales lo que representa el 96 %, la vitamina C en 21 (91 %), la vitamina A en 20 (87 %) y el zinc en 15 (65%).

Los productos agroforestales *A. xanthorrhiza* y *S. edule* se distinguen de los demás productos, debido a que contienen menor presencia de nutrientes esenciales, ambos solo aportan proteínas, carbohidratos, hierro y vitamina A. A pesar de que, según los resultados arrojados, estos productos son los de menor importancia, pueden considerarse dentro de las cinco especies o productos que se requieren como mínimo para garantizar la seguridad alimentaria, combinado con otros que puedan compensar la falta de nutrientes como vitamina C, zinc y ácido fólico; y que juntos puedan formar una dieta nutritiva para las familias.

Tabla 14. Productos agroforestales de autoconsumo en sistemas agroforestales de café dominicanos y nutrientes que aportan a la seguridad alimentaria de las familias

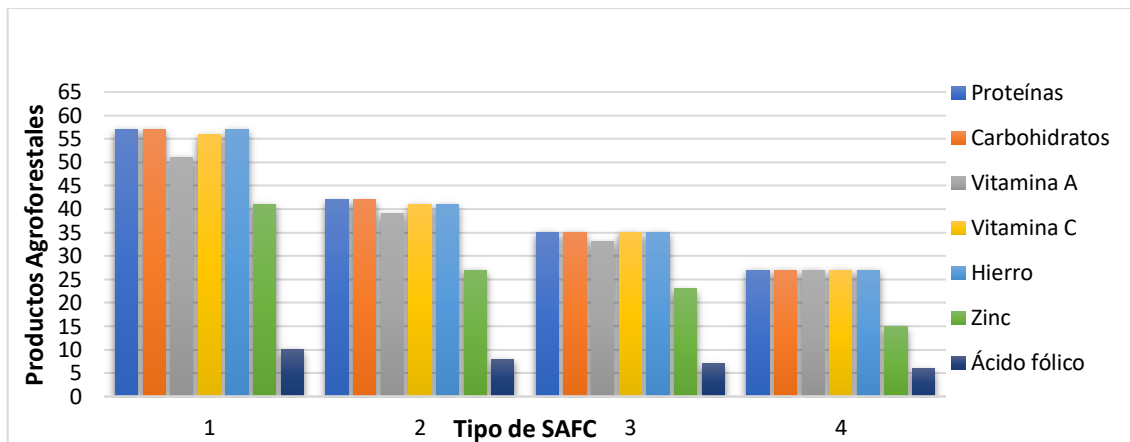
Producto agroforestal	Proteínas	Carbohidratos	Vitamina A	Vitamina C	Hierro	Zinc	Ácido fólico	Referencias
<i>Persea americana</i> Mill	X	X	X	X	X	X		(Gargi 2019)
<i>Capsicum annuum</i> L.	X	X	X	X			X	(Litoriya et al. 2014)
<i>Cucurbita pepo</i> L.	X	X	X	X	X	X		(Gent et al. 2005)
<i>Musa sapientum</i> L. **	X	X	X	X	X			(Blasco López & Montañó 2015) (Adeolu & Enesi 2013)
<i>Solanum torvum</i>	X	X	X	X	X			(García et al. 2003)
<i>Annona muricata</i> L.	X	X		X	X	X		(Fernández et al. 2010) (León Méndez et al. 2016)
<i>Cajanus cajan</i> L.	X	X	X	X	X			(Navarro et al. 2014)
<i>Psidium guajava</i> L.	X	X	X	X	X	X		(Rosario & Rojas 2017)
<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	X	X	X	X	X	X		(Enejob et al. 2015)
<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betche	X	X		X	X	X		(Mereles et al. 2017)
<i>Zea mays</i> L.	X	X	X	X	X	X		(Siyan et al. 2018)
<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	X	X	X	X	X	X		(Putnik et al. 2017)
<i>Mangifera indica</i> L.	X	X	X	X	X	X		(Lauricella et al. 2017)
<i>Passiflora edulis</i> Sims	X	X	X	X	X			(Chaparro Rojas et al. 2014)
<i>Citrus sinensis</i> Osbeck *	X	X	X	X	X	X	X	(Etebu & Nwauzoma 2014)
<i>Dioscorea alata</i> L.	X	X		X	X	X		(Njoh Ellong et al. 2015) (Wanasundera & Ravindran 1992)
<i>Carica papaya</i> L.	X	X	X	X	X	X	X	(Vyas & Shah 2016) (Ali et al. 2011)
<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancr	X	X	X		X			(EFSA Panel on Dietetic Products & Allergies 2015)
<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw	X	X	X		X			(Frías Tamayo et al. 2016)
<i>Citrus paradisi</i> Macfad	X	X	X	X	X	X		(Kolawole et al. 2017)
<i>Xanthosoma sagittifolium</i> L.	X	X	X	X	X	X		(Boakye et al. 2018)
<i>Manihot esculenta</i> Crantz	X	X	X	X	X	X		(Salvador et al. 2014)
<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	X	X	X	X	X			(Bernardino-Nicanor et al. 2014)
Total general	23	23	20	21	22	15	3	
Porcentaje	100%	100%	87%	91%	96%	65%	13%	

X presencia de nutrientes (proteínas, carbohidratos, vitamina A, vitamina C, hierro, zinc y ácido fólico) en cada producto agroforestal consumido por las familias.

Porcentaje de productos agroforestales que aportan cada nutriente esencial.

Fuente: elaboración propia.

En la **Figura 13**, se ve reflejado el aporte de cada nutriente esencial a la dieta de las familias en cada tipo de los SAFC estudiados. En todos los tipos de SAFC, se puede observar un aporte significativo a la seguridad alimentaria, aunque es importante mencionar que en el tipo *C1* hay más productos con presencia de nutrientes esenciales que consumen las familias. No obstante, todos los tipos de SAFC indican que hay presencia de los siete nutrientes en la dieta familiar.



C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.

Figura 13. Nutrientes que aportan a la seguridad alimentaria en tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.

Existen diferencias significativas entre tipos de SAFC en seis de siete nutrientes esenciales (proteínas, carbohidratos, vitamina A, vitamina C, hierro y zinc, con p valor < 0,05), resaltando que en el tipo *C1* hay mayor diversidad de productos que aportan a la seguridad alimentaria de las familias. El ácido fólico es el nutriente de menor presencia en los SAFC dominicanos (**Tabla 15**).

Tabla 15. Número de productos que contienen nutrientes esenciales en tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana

Nutrientes esenciales	Tipo de SAFC				F	P
	C1	C2	C3	C4		
Proteínas	6,00 ± 0,77a	4,40 ± 0,66ab	3,50 ± 0,59b	2,80 ± 0,53 b	4,43	0,0094
Carbohidratos	6,00 ± 0,77a	4,40 ± 0,66ab	3,50 ± 0,59b	2,80 ± 0,53 b	4,43	0,0094
Vitamina A	5,30 ± 0,73a	4,10 ± 0,64ab	3,30 ± 0,57b	2,80 ± 0,53b	3,00	0,0431
Vitamina C	5,80 ± 0,76a	4,30 ± 0,66ab	3,50 ± 0,59b	2,80 ± 0,53b	3,94	0,0158
Hierro	5,90 ± 0,77a	4,30 ± 0,66ab	3,40 ± 0,58b	2,80 ± 0,53b	4,31	0,0107
Zinc	4,60 ± 0,68a	3,00 ± 0,55ab	2,20 ± 0,47bc	1,50 ± 0,39c	5,89	0,0022
Ácido fólico	1,10 ± 0,33a	1,00 ± 0,32a	0,70 ± 0,26a	0,70 ± 0,26a	0,48	0,6991

Letras diferentes dentro de una fila indican diferencias significativas entre tipos de SAFCs (LSD Fisher, p < 0,05). *C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.* Fuente: elaboración propia.

4. DISCUSIÓN

Estructura, manejo y rendimientos agroforestales

Los SAFC estudiados incluyen el asocio con musáceas y frutales, principalmente, *Musa sapientum*, *Citrus sinensis*, *Persea americana*; *Inga Vera* como árbol de sombra, maderables como *Cedrea odorata* y *Cordia alliodora*, considerándose esas las especies leñosas más abundantes y resaltando la gran presencia de frutales, lo que coincide con reportes nacionales como el de [Toral \(2020\)](#). En otros países como Costa Rica, los agricultores también prefieren los árboles frutales anteriormente mencionados a las especies maderables, para enriquecer su sistema productivo, debido a que las frutas proporcionan ingresos a corto y mediano plazo ([Albertin & Nair 2004](#); [CEPAL 2019](#)).

La curva de acumulación de especies de los SAFC dominicanos confirma que el tipo C2 resultó el más diverso en especies arbóreas, y aún más para las fincas de este tipo de SAFC pertenecientes a zonas bajas (**Anexo 2**). En Uganda, África, en bajas altitudes donde se encuentran las temperaturas más altas y predomina el aumento del estrés por sequía, se encontró también mayor nivel de sombra y diversidad de especies arbóreas ([Rahn et al. 2018](#)). Por tanto, los árboles en cafetales también estarían relacionados con estrategias para enfrentar condiciones adversas para el cultivo.

El índice de biodiversidad recíproco de Simpson (1/D) separó al C3 (tipo de SAFC con mayor densidad de plantas de banano) del resto, como grupo de SAFC con muy poca diversidad de especies. Esto evidencia que una alta densidad de plantas de banano conduce a una menor diversidad de otras especies. También sirve como indicador de que, en algunos SAFC dominicanos, se enfocan más en solo asociar musáceas con el café y se resta importancia a otras especies de plantas (v.g.: frutales, maderables y árboles de servicio), la cual es importante porque la diversidad de especies puede aumentar la resiliencia, sirviendo como seguro contra eventos inesperados y reduce los riesgos que puedan acontecer en el mercado ([Berkes et al. 2008](#); [Cardozo et al. 2015](#)).

La densidad de plantas de café ha⁻¹ en cafetales dominicanos (3,500 plantas de café ha⁻¹ en promedio) es baja en comparación con otros cafetales de Centroamérica y América del Sur. En Colombia, por ejemplo, la densidad de siembra promedio es de 4,900 plantas de café ha⁻¹ ([Farfán 2014](#)) y en Costa Rica de 5,000 plantas de café ha⁻¹ ([Cerdeira et al. 2017](#)). Sin embargo, en SAFC africanos es mucho más baja, la densidad va de un rango de 1,758-2,109 plantas de café ha⁻¹, tomando en cuenta que, en esa región, se cultiva otro tipo de café ([Sarmiento-Soler et al. 2020](#)). Los cafetales costarricenses y colombianos actualmente tienen mejor desempeño que los dominicanos, por lo que aumentar la densidad de plantas de café en SAFC dominicanos podría verse como una estrategia a considerar, siempre tomando en cuenta la opinión de los productores.

Las densidades del dosel de sombra parecen ser más altas en los SAFC dominicanos, donde se alcanza hasta 853 árboles (y otras plantas) ha⁻¹ en comparación con cafetales de Centroamérica. La densidad de dosel de sombra en Nicaragua es en promedio de 549 árboles ha⁻¹ ([Pinoargote et al. 2017](#)), en Costa Rica de 392 árboles ha⁻¹ en SAFC con baja diversificación y de 695 árboles ha⁻¹ en SAFC con alta diversificación ([Cerdeira et al. 2017](#)); asimismo, la densidad

de dosel de sombra en Colombia es de aproximadamente 292 árboles ha⁻¹ ([Zapata Arango 2019](#)), y aún más baja en la India con alrededor de 232 árboles ha⁻¹ ([Nesper et al. 2019](#)).

Es importante mencionar que el exceso de sombra en los SAFC, generalmente, está relacionado con altas densidades y, a su vez, puede estar relacionado con la baja producción, además de beneficiar ciertas plagas y patógenos que pueden afectar también el rendimiento ([Acuna & Antonio 2016](#)). Respecto al uso de las especies, los frutales son predominantes en este estudio, generalmente, el aguacate (*P. americana*) y la naranja (*C. sinensis*), así como en otros SAFC de la región, donde se prefiere diversificar con estos productos por los significativos ingresos que representan ([Rice 2011](#); [Davis et al. 2019](#)); sin embargo, al ser especies de estrato medio en el dosel y con copas densas, merecerían un mejor manejo en cuanto a podas.

Al diversificar las fincas de café en República Dominicana, los caficultores están influenciados por la historia del cultivo en el país. Estos consideran especies de asocio que forman parte de una tradición familiar, es decir, especies que fueron utilizadas por sus antecesores y no en especies que le puedan generar mayores ingresos. Esta situación se podría cambiar, en primera instancia, incrementando la diversificación con árboles frutales, ya que con estos árboles los caficultores podrán obtener ingresos a corto y mediano plazo. En ese sentido, es importante que el caficultor pueda apreciar el potencial económico del dosel de sombra (frutales, maderables y otros productos).

La densidad de plantas de banano en los SAFC dominicanos es alta, con hasta 738 plantas ha⁻¹. El banano es un producto de gran consumo por los dominicanos, por lo tanto, de fácil comercialización, por eso la asociación de ambos cultivos (café-bananos) resulta una opción prometedora a mantener no solo para República Dominicana, sino también para otros país como Uganda, donde el banano es fundamental para la seguridad alimentaria y es el país que tiene uno de los mayores consumos de banano por persona del mundo ([Michael 2015](#)).

Los árboles de servicio (leguminosas) en los SAFC dominicanos arrojan una mayor área basal respecto a los maderables y frutales, esto coincide con SAFC de Costa Rica y Nicaragua, donde árboles de servicio como la *Erythrina poeppigiana* tienen mayor área basal. Las leguminosas ayudan a fijar N y al reciclaje de nutrientes ([Haggar et al. 2011](#); [Pinoargote et al. 2017](#)), pero es importante estar pendiente y regular la sombra de estos árboles para el buen desarrollo vegetativo del café. Además, los árboles de servicio hacen gran aporte a la captura de carbono y producción de biomasa en los SAFC estudiados, resultados que coinciden con [Méndez et al. \(2011\)](#), donde los cafetales, principalmente aquellos con diversos doseles de sombra, pueden almacenar cantidades significativas de carbono en la biomasa leñosa de árboles de sombra y plantas de café.

La frecuencia de prácticas de manejo en todos los tipos de SAFC estudiados es baja, lo cual evidencia que el sector café dominicano debe promover los esfuerzos necesarios para mejorar tanto el manejo agronómico como agroforestal. En general, se realizan pocas prácticas de fertilización, poda, enmiendas y manejo de tejidos en todos los tipos de SAFC, mientras que, en otros lugares de Latinoamérica, el manejo es mucho más intenso ([Jezeer et al. 2018](#)). La práctica más realizada en los SAFC dominicanos es el control de maleza manual (dos veces al año), siendo similar en todos los tipos de SAFC. Solo el tipo C4 arrojó mayores prácticas de

manejo respecto al uso de agroquímicos (v.g.: aplicación de fertilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas), sin embargo, es importante que, en sistemas agroforestales, los caficultores moderen el uso de agroquímicos y aprovechen la biodiversidad y procesos ecológicos a nivel de finca y paisaje para sostener la producción en estos sistemas de producción ([Tscharrntke et al. 2005](#); [Bhagwat et al. 2008](#); [García-Barrios et al. 2017](#)). Las prácticas agroforestales como manejo de tejidos y poda son importantes, debido a que se crean condiciones para la abundancia de enemigos naturales y se reducen las plagas que predominan en cultivos perennes ([Pumariño et al. 2015](#)). Hallazgos obtenidos coinciden con [CEPAL \(2019\)](#), donde se afirma que el 90 % de los productores de café dominicanos solo hacen control de maleza y no fertilizan, dando como resultado niveles de productividad muy bajos. Es muy probable que el manejo en SAFC dominicanos sea muy bajo, debido a la crisis que han sufrido los caficultores tanto en precios como en el ataque de plagas y enfermedades en el cultivo, lo que se refleja en la falta de motivación para que este no realice un manejo eficiente, tal como ha pasado en otros países como en Nicaragua ([Acuna & Antonio 2014](#)).

En los SAFC dominicanos, la mano de obra es el principal gasto en la estructura de costos, la misma constituye para el productor familiar tradicional el 91,8 % de los gastos, para el productor familiar renovada 87,1 % y para el productor capitalista 72,4 % respectivamente, siendo la mano de obra haitiana masculina entre 20 y 40 años en su mayoría ([Jiménez et al. 2008](#); [CEPAL 2019](#)). Estos hallazgos anteriormente mencionados concuerdan con los obtenidos en esta investigación, donde la mayor inversión por los agricultores se ve reflejada en la mano de obra contratada.

El rendimiento de café es bajo en los SAFC de República Dominicana, independientemente del tipo de SAFC. Con las más altas densidades de plantas de café en este estudio, los rendimientos alcanzan 4,95 qq seco ha⁻¹año⁻¹, lo que coincide con [CEPAL \(2019\)](#), donde se afirma que la producción de café en República Dominicana está calificada como una actividad productiva deficiente (0,25-0,30 qq de café oro ta⁻¹, equivalente a 4,00-4,80 qq de café oro ha⁻¹ y a 5,00-6,00 qq de café seco ha⁻¹). El rendimiento del café en este país insular se ve afectado por varios factores: plagas y enfermedades (especialmente el ataque de broca y roya del café), manejo de la sombra y fertilidad del suelo; la mayor proporción de fincas se manejan a nivel tecnológico tradicional, marco de plantación inapropiado, poco esfuerzo en llevar a cabo las prácticas de manejo, a lo que se le suma la vejez de las plantaciones ([Escarramán et al. 2007](#)); esta última cita data de 13 años atrás y, por lo encontrado en este estudio, la situación se ha mantenido similar. En ese sentido, una alternativa para cualquier tipo de SAFC es la incorporación de variedades mejoradas que permitieran mayor tolerancia a plagas y enfermedades, y mayor productividad.

Es importante mencionar que la razón principal de pérdidas sorprendentes a partir del año 2009-2010 en República Dominicana se debe, principalmente, a los grandes estragos que ha causado la roya del café (**Figura 14**). El rendimiento de café en otros países productores como Colombia es de unos 12,84 qq ha⁻¹, mucho mayor al rendimiento de cafetales dominicanos, esto se debe a que la caficultura colombiana cuenta con los buenos indicadores de producción: variedades resistentes en el 83 % de los cafetales, edad promedio de 6,6 años y densidad promedio de 5243 árboles ha⁻¹ ([FNC 2020](#)); asimismo, en Nicaragua el rendimiento de café promedio es de 11,55 qq ha⁻¹ ([Pinoargote et al. 2017](#)), todo esto refleja una situación realmente

crítica en temas de productividad en los SAFC dominicanos. Hay proyectos importantes como PROCAGICA que han promovido mejoras importantes, pero, al ser un cultivo perenne, los resultados no son inmediatos, es importante que todo el sector dominicano continúe con las innovaciones propuestas.

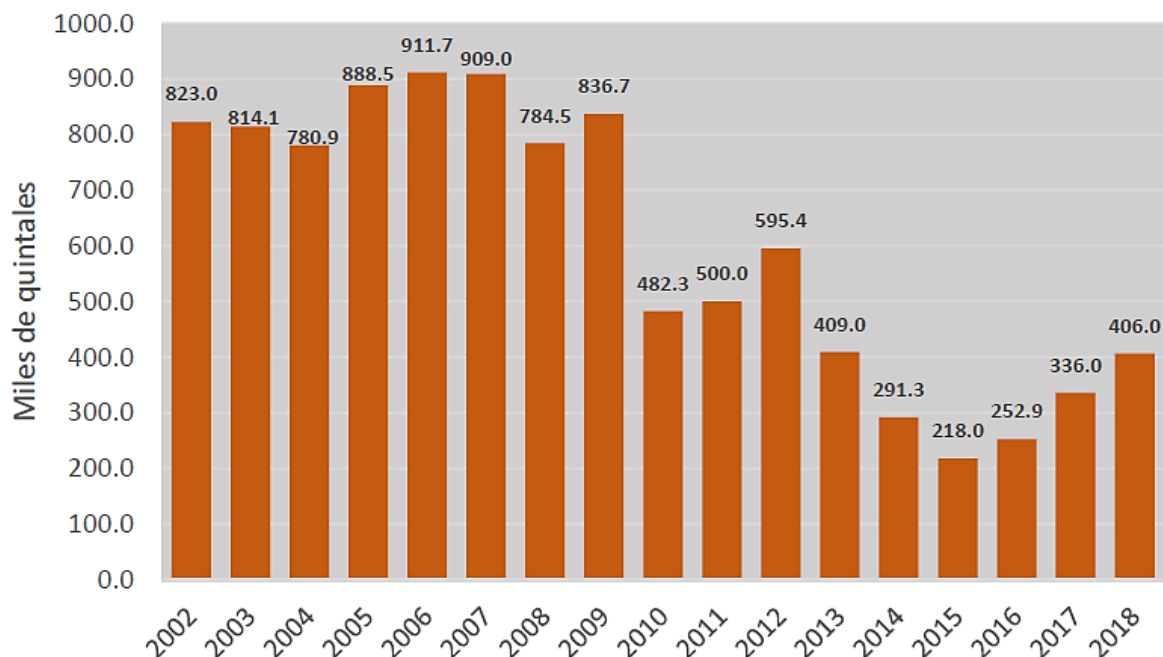


Figura 14. Producción de café verde en la República Dominicana, 2002-2018. Fuente: (CEPAL 2019).

Con respecto a la madera en pie, este estudio evidencia que el caficultor dominicano podría tener un rendimiento de hasta $3005,28 \text{ ft}^3 \text{ ha}^{-1}$ (C3), lo cual refleja que los cafetales pueden tener fuentes de ahorro interesantes, de hasta US\$ 2291,32 ha^{-1} . Sin embargo, en República Dominicana, como en otros países, se debe llevar un protocolo riguroso para el aprovechamiento de árboles maderables, tales como ser fincas certificadas, además de otros procedimientos que exige el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de esta isla, y solo es permitido un porcentaje de aprovechamiento o tasa de tala de acuerdo con la especie forestal (v.g.: pino, *Pinus caribaea*) 35 % de árboles maderables de la finca año^{-1} , caoba (*Swietenia mahagoni*) 35 %, cedro (*Cedrea odorata*) 35 %, entre otros (MARENA 2006; Figueroa 2020).

Por razones anteriormente mencionadas, productores entrevistados que forman parte de este estudio diversifican muy poco su SAFC con árboles maderables, resultados que coinciden con Núñez y Cuevas (2004). No obstante, la producción de madera en SAFC puede ser una actividad económicamente atractiva, en zonas cafetaleras de Costa Rica se pueden obtener entre 4 y 6 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (equivalente a 141 y 212 $\text{ft}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), solo de *Cordia alliodora* (Detlefsen & Somarriba 2015). Evidentemente, no se esperaría que los SAFC dominicanos alcancen grandes volúmenes de madera, ya que estos sistemas no son solo de árboles maderables, son sistemas diversificados con prioridad en los árboles frutales, sin embargo, esto indica que se puede incrementar la producción de madera, además de que resultan

favorables debido a los beneficios que brindan al agroecosistema. Otra opción es promover los maderables en plantaciones lineales internas y en linderos.

En cuanto a las frutas, los caficultores dominicanos utilizan frutales como una estrategia de complementariedad en sus sistemas de producción. Estudios como el de [Pinoargote et al. \(2017\)](#) notifican rendimientos significativos en SAFC y otros resaltan su enfoque en SAFC con banano ([Oduol & Aluma 1990](#); [Ssebulime et al. 2018](#)), los cuales coinciden con las especies frutales que forman parte de este estudio, a pesar de que rendimientos de banano de estos estudios son menores respecto a los SAFC dominicanos. Los datos de rendimientos encontrados en publicaciones citadas brindan información interesante, pero, desafortunadamente, las comparaciones son difíciles, debido a que los rendimientos de las especies en común se enuncian en diferentes unidades.

Contribución de SAFC a los medios de vida de las familias – Indicadores socioeconómicos y seguridad alimentaria

Hallazgos obtenidos en esta investigación reflejan la contribución de sistemas agroforestales a las pequeñas familias caficultoras dominicanas, tanto en los ingresos de productos agroforestales destinados para la venta como los destinados al consumo doméstico. Por supuesto, la principal contribución a los medios de vida de las familias es el café, sin embargo, los productos agroforestales son tan importantes en términos de Beneficio Familiar (BF) como el café. En cuanto al consumo doméstico, el banano y las frutas son mucho más importantes que el café para el sustento y seguridad alimentaria de las familias ([Jacob & Alles 1987](#)), además de que productos encontrados en SAFC, como algunos tubérculos, son comunes en la dieta del dominicano.

Entre las ventajas de los SAFC, los bananos son fáciles y baratos de cultivar y producen durante todo el año, por lo tanto, funcionan como una fuente importante de ingreso y de consumo para las familias; por otra parte, las familias pueden pensar en tener árboles maderables como ahorro o para que estos sean vendidos en caso de emergencia ([Somarriba & Beer 2011](#)). Se comprobó en este estudio que, si el caficultor llegara a aprovechar la madera, el Ingreso Neto (IN) para el tipo de SAFC *C4* podría llegar a US\$ 1889,89 ha⁻¹ y el Flujo de Efectivo (FE) a US\$ 1894,13 ha⁻¹, para ese año de aprovechamiento maderable (**Anexo 7**). En cuanto a los Ingresos Netos (IN) y el Flujo de Efectivo (FE), para ambos indicadores solo fue negativo en el 17.5 % de los SAFC estudiados, esta situación es causada por costos de mano de obra contratada.

Tanto el FE como el BF ayudan a destacar la contribución real del dosel de sombra en SAFC dominicanos, además de ampliar la comprensión en las estrategias de las pequeñas familias en combinar plantas de café con densidades moderadas de otras especies de árboles como sombra al cultivo, que estas generen alimentos e ingresos a las familias. El FE demuestra que el dosel de sombra es capaz de generar ingresos interesantes, aunque podría mejorarse y llegar a duplicar o triplicar su aporte, y este tipo de indicadores también reflejan ahorros derivados de productos obtenidos del SAFC ([Cardozo et al. 2015](#)). Con el FE y BF es posible demostrar que los árboles en un SAFC tienen la misma importancia que el cultivo principal para el sustento de estas y tienen potencial para contribuir aún más; aunque las plantas de café

constituyen el factor más abundante del sistema, por lo tanto, sigue siendo el objetivo principal del productor.

Los tipos de SAFC *C4* (US\$ 1132,51 ha⁻¹ de FE) y *C1* (US\$ 857,91 ha⁻¹ de FE) mostraron los mejores indicadores socioeconómicos, considerando los rendimientos obtenidos de los productos agroforestales y sus contribuciones socioeconómicas. Para generar IN y FE, el tipo *C4* es el más adecuado, sin embargo, los tipos de SAFC *C1* y *C2* para VA y *C1* para beneficio familiar, por el VA significativo que arroja este tipo de SAFC. ¿Es posible que los productos agroforestales compensen los bajos rendimientos del café? En cuanto al FE, es difícil, debido a los altos costos en efectivo (CE) que señala este indicador. Sin embargo, en términos de BF, los productos agroforestales podrían compensar los ingresos actuales del café por causa del valor de autoconsumo (VA) que implica este indicador. En caso de poca diversificación y depender solo del café, es importante mencionar que la [CEPAL \(2019\)](#) realizó un estudio donde comprobó que: «*un pequeño productor de café con 50 tareas o menos y una productividad de 0.27 quintales por tarea no puede desarrollar un negocio viable desde la perspectiva económica, aun cuando reciba un precio relativamente alto (RD\$ 8,000 o US\$ 145 por quintal de café pergamino seco). Esto se debe al área reducida de producción que no le permite generar un ingreso mensual suficiente para cubrir los gastos de la familia, si depende solamente de la venta de café. Esta situación corresponde con la gran mayoría de los productores de café dominicanos*».

Para generar un nivel de ingreso que asegure el costo de una canasta familiar para República Dominicana de RD\$ 24000 (US\$ 500,00) mensual, con la productividad media anual vigente, el productor de café necesita una plantación de más de 100 tareas, con valores que pueden sobrepasar las 300 tareas si se propone generar riqueza (excedentes) (1 tarea= 629 m²). Por ende, «*el problema fundamental del pequeño productor tradicional de café no es de rentabilidad (recibe precios altos y tiene costos bajos), sino de reducida capacidad productiva debido a los niveles de productividad y al tamaño de la finca*».

La contribución de indicadores socioeconómicos en los SAFC dominicanos no es alta, debido a los bajos rendimientos del café, sin embargo, contribuye a los medios de vida de las familias. Comparando la contribución de los SAFC estudiados con otros países de Centroamérica como Costa Rica y Nicaragua, todavía es baja ([Cerdea et al. 2014](#); [Cerdea et al. 2017](#); [Pinoargote et al. 2017](#)), por lo que es preciso tomar en cuenta oportunidades de mejora en los cafetales dominicanos. Así como se resalta en términos de indicadores socioeconómicos, los mejores tipos de SAFC dominicanos, en cada estudio consultado hay tipos de SAFC más exitosos; en Nicaragua por ejemplo, se logran obtener en promedio hasta US\$ 2806 ha⁻¹ ([Pinoargote et al. 2017](#)) y en Costa Rica US\$ 2348 ha⁻¹ ([Cerdea et al. 2017](#)). No obstante, en los tipos de SAFC estudiados, se resaltan el *C4* y *C1*, porque estos pueden llegar a alcanzar los estudios comparables y los datos en términos monetarios que arrojan estos tipos de SAFC se consideran aceptables e interesantes para un pequeño caficultor dominicano; el *C1*, por ejemplo, podría ser para familias caficultoras remotas que estén más interesadas en ingresos no monetarios, a través de la diversidad arbórea; y el *C4* como estrategia para familia a la que le interesen más los ingresos monetarios.

El flujo de efectivo en el tipo de SAFC *C3* (US\$ 462,40 ha⁻¹) es bajo en comparación con el resto, debido a que este tipo de SAFC es el menos diverso de todos, por consiguiente, casi solo se obtienen ingresos del café y el banano. Muchos caficultores dominicanos apuestan a la asociación del cultivo de café con el banano; en ese sentido, una alternativa para generar un

flujo de efectivo significativo en este tipo de sistemas es mejorar la estructura y manejo de SAFC, además de seleccionar un área del cafetal con dominio de banano y, en otros lugares de la finca, que haya una menor densidad de estos y una mayor diversificación con otros productos agroforestales (incluyendo frutales y árboles de servicio).

Al comparar los indicadores socioeconómicos de los SAFC estudiados con café a pleno sol, es evidente que se obtengan valores más altos para café a pleno sol, debido a que la baja incidencia de luz en SAFC conduce a baja actividad fotosintética y, en consecuencia, menor productividad; además de que datos arrojados por este estudio son comparados con cafetales nicaragüenses a pleno sol, donde es posible mayor densidad de plantas de café que en los cafetales a pleno sol dominicanos. No obstante, dentro de las ventajas de los sistemas sombreados, es importante resaltar que estos tienen costos de producción más bajos y requieren menos horas de trabajo que las plantaciones a pleno sol; los costos de producción en sistemas sombreados representan aproximadamente el 49,63 %, mientras que en sistemas a pleno sol el 82,2 % ([Alves et al. 2016](#)). Varios autores apuntan a que existe una relación en forma bifurcada en la que se da un aumento de la productividad con alto nivel de sombreado hasta cierto punto, más allá del cual, es posible darse una disminución de la productividad ([Soto-Pinto et al. 2000](#); [Staver et al. 2001](#)). Por otra parte, al no diversificar el cafetal con productos agroforestales, no se tendrían beneficios como servicios ecosistémicos, además de generar un mayor riesgo financiero al depender solo de un producto ([Leakey et al. 2005](#)). En ese sentido, se ha demostrado con varios estudios que la economía estable de las familias de pequeños caficultores se da en la agrosilvicultura intensiva ([Cardozo et al. 2015](#)).

Se puede observar en la **Tabla 16** la comparación de los indicadores socioeconómicos en SAFC estudiados, con datos sobre café a pleno sol en un estudio realizado en Nicaragua. Se evidencia, mediante estos resultados, que el café genera mayores ganancias, sin embargo, todos los demás productos agroforestales pueden contribuir positivamente al flujo de efectivo, el ingreso neto y los beneficios familiares. Además de que el valor de autoconsumo significa ahorro para las familias y es una contribución importante para los pequeños productores de café dominicanos (ver también **Figura 15**).

Tabla 16. Valores de los indicadores socioeconómicos en los sistemas agroforestales de café estudiados y café a pleno sol

Indicadores socioeconómicos	SAFC estudiados	Café a pleno sol
IB (US\$ ha⁻¹ año⁻¹)	1791 ± 1495	4566 ± 2427
IN (US\$ ha⁻¹ año⁻¹)	722 ± 1383	2759 ± 2051
FE (US\$ ha⁻¹ año⁻¹)	739 ± 1383	2813 ± 2014
VA (US\$ ha⁻¹ año⁻¹)	402 ± 584	0 ± 0
BF (US\$ ha⁻¹ año⁻¹)	1142 ± 1424	2813 ± 2014

Fuente: elaboración propia a partir de datos de [Pinoargote et al. \(2017\)](#) para café a pleno sol.

IB: ingresos brutos, IN: ingresos netos, FE: flujo de efectivo, VA: valor de autoconsumo, BF: beneficio familiar
Medias ± desviación estándar.

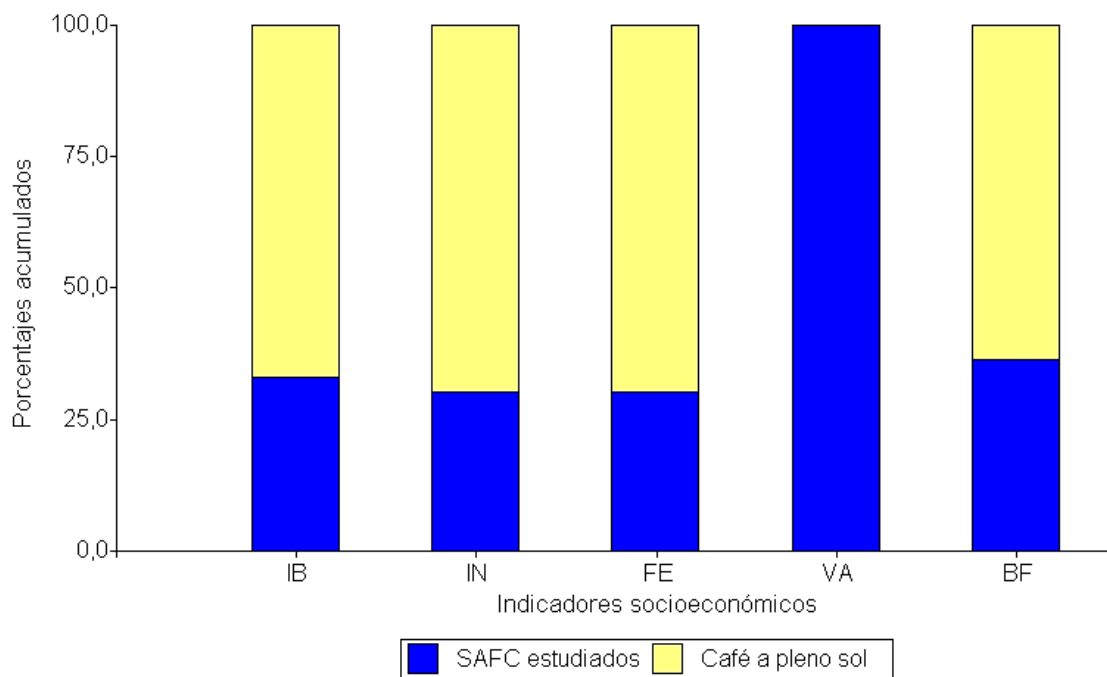


Figura 15. Porcentajes acumulados de valores de los indicadores socioeconómicos en los sistemas agroforestales de café estudiados y café a pleno sol. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la contribución de los SAFC dominicanos a la seguridad alimentaria, resultados demuestran que los productos agroforestales de autoconsumo que hacen mayor aporte a la seguridad alimentaria son *C. sinensis* y *C. papaya*, debido a que contienen los siete grupos nutricionales de mayor importancia para el ser humano (proteínas, carbohidratos, vitamina A, vitamina C, hierro, zinc y ácido fólico). Los cítricos son recomendados en la dieta humana por ser fuentes de vitamina C y potasio, estudios han señalado resultados prometedores en la reducción del daño en el ADN, por su contenido de ácido fólico, ácido ascórbico y compuestos fenólicos; además, el jugo de naranja, incluso en un porcentaje bajo, puede proporcionar niveles apreciativos de capacidad antioxidante y compuestos anteriormente mencionados ([Rech Franke et al. 2013](#); [Ferreira et al. 2017](#)). En cuanto a la *C. papaya*, la pulpa de esta fruta es rica en nutrientes importantes, además, ofrece beneficios a la salud utilizándose en el tratamiento de dolencias, incluida la malaria, diabetes, úlcera estomacal, úlcera externa, entre otras; sus propiedades medicinales se da de la hoja, frutos, raíces, corteza, cáscaras, semillas y pulpa ([Aravind et al. 2013](#); [Okon et al. 2017](#)).

El grupo nutricional menor encontrado en los productos agroforestales fue el ácido fólico representado solo con el 13 % (*C. annum*, *C. sinensis* y *C. papaya*) de los productos de consumo interno para las familias. Sin embargo, las proteínas y los carbohidratos están presentes en los 23 productos agroforestales encontrados, lo que representa el 100 % de los productos dedicados para autoconsumo, el hierro en 22 (96 %), la vitamina C en 21 (91 %), la vitamina A en 20 (87 %) y el zinc en 15 (65 %). En un estudio realizado en Ecuador, al menos un 50 % de la población rural sufre pobreza o déficit nutricional y de los sistemas agroforestales cafetaleros (asociados con frutales, productos de ciclo corto como el maíz, tubérculos, frijol, entre otros), se establecieron principales aportes a la seguridad agroalimentaria y nutricional ([Ponce Vaca et al. 2018](#)). En ese sentido, pequeños agricultores dedicados a la agrosilvicultura y los cultivos múltiples tienen niveles altos de seguridad

alimentaria, en comparación con aquellos dedicados al monocultivo ([Sibelet & Montzieux 2012](#); [Cabahug et al. 2018](#)).

Relación de los indicadores socioeconómicos con diversidad botánica

Las relaciones encontradas entre indicadores socioeconómicos y diversidad botánica dependen del tipo de SAFC. Cuando se trató de comparar estas relaciones someramente, no arrojaron resultados significativos, sin embargo, al hacer los análisis correspondientes, sí se encontraron relaciones importantes, lo que fue fundamental para evidenciar hallazgos que no se lograron ver fácilmente. En algunos tipos de SAFC, estas relaciones resultaron positivas, lo cual es un indicador de que un manejo adecuado de las especies de asocio en estos sistemas se ve reflejado en el aporte de indicadores socioeconómicos. No obstante, esto, además, indica que es valioso manejar una riqueza de especies que puedan ser útiles para la familia cafetalera, que manejar diversidad de especies, las cuales quizás no brinden aportes significativos.

Los resultados de esta investigación revelan que el Ingreso Neto (IN) tiene interacción significativa entre covariable recíproco de Simpson y tipo de SAFC. Sin embargo, no se relaciona significativamente con la riqueza de especies ni la densidad de dosel de sombra, aunque para C2 en la densidad de dosel, se observa una ligera relación lineal positiva; a medida que aumenta la densidad de dosel de sombra de los cafetales, aumenta el IN. Esto concuerda con un estudio realizado en Jamaica, donde el dosel de sombra, especialmente los árboles frutales en elevaciones altas y bajas de SAFC, contribuyen con US\$ 100,00 o más, representando más del 90 % de los ingresos de frutas reportados, donde los agricultores con SAFC a baja altura informaron ingresos de frutas significativamente mayores y tenían el doble de diversidad de árboles frutales que agricultores con SAFC en elevaciones más altas donde había menor densidad de dosel de sombra ([Davis et al. 2019](#)).

La diversidad es conocida por ser clave para el funcionamiento y estabilidad del agroecosistema. Esta investigación señala la importancia de la riqueza de especies en un SAFC, confirmando una relación lineal positiva entre valor de autoconsumo (VA) y riqueza de especies en el tipo C1, además de la interacción significativa (p valor $<0,0001$) entre esta variable de diversidad botánica y tipos de SAFC estudiados; así como en el estudio realizado en Brasil, donde se constató que la riqueza de especies en SAFC está relacionada positivamente con los ingresos, principalmente ingresos no monetarios ([Cardozo et al. 2015](#)).

El flujo de efectivo demuestra que el dosel de sombra es capaz de generar ingresos en efectivo, como también lo afirman [Cerdeira et al. \(2014\)](#). Se demostró en este estudio que las variables socioeconómicas IN, FE y BF tienen relación significativa con área basal, aunque no hubo efecto de interacción ni de tipo de SAFC. Sin embargo, para VA esta variable de diversidad no tuvo relación significativa, pero sí tuvo efecto de tipo de SAFC.

Vulnerabilidad de la caficultura dominicana frente al cambio climático

Los resultados de este estudio arrojan que el 60 % de los SAFC dominicanos se encuentran en la categoría cinco "vulnerabilidad y capacidad adaptativa medianamente críticas" (SAFC ubicados entre 350 msnm-1370 msnm, presente en los cuatro tipos de SAFC estudiados), por lo que es un indicador de advertencia para la caficultura dominicana. Posiblemente, esto se deba a las altas temperaturas; el riesgo en República Dominicana es mayor por su condición de isla. Según el Global Climate Risk Index Report 2018, el país se encuentra en el lugar número 11 a nivel mundial en el Índice de Riesgo Climático, lo cual

evidencia su alta vulnerabilidad; esto es signo de alerta, debido a que las altas temperaturas afectan la actividad fisiológica del cultivo ([Escarramán 2020](#)).

En un estudio realizado en Indonesia, se encontró que, en el bosque, la temperatura era de 20 a 22°C, mientras que en el cafetal llegaba a 29°C, siendo una temperatura entre 21 a 26°C la idónea para el crecimiento del café; una temperatura mayor puede disminuir el rendimiento del mismo ([Hairiah et al. 2014](#)). No solo las altas temperaturas afectan la variabilidad climática en las zonas cafetaleras, sino que también el aumento de la lluvia, es decir, el exceso de lluvia incrementa la incidencia de plagas y enfermedades, así como con la falta de agua (menos lluvia) se ven afectadas las floraciones, y disminuye la tasa de crecimiento; factores críticos que coinciden con estudios realizados en Centroamérica (Guatemala, Costa Rica, Nicaragua y Honduras). Los cambios del clima varían de una zona a otra, incluso dentro de una misma zona; se ha visto que, después de una época seca y larga, puede empezar a llover sin parar, por esta razón, el productor debe estar alertado y conocer los problemas que el exceso o falta de agua pueden ocasionar, así como las prácticas de manejo que le pudieran ayudar a enfrentarlos ([Villareyna et al. 2017](#)).

Fruto de este estudio, se puede comprobar que la riqueza de especies, además de su aporte a indicadores socioeconómicos, puede contribuir a la capacidad adaptativa frente al cambio climático. Características, como la diversidad de especies arbóreas que posee el tipo de SAFC C2 que arroja esta investigación, ayudarían a reducir la vulnerabilidad de la caficultura dominicana frente al cambio climático. Tanto un cafetal a pleno sol como con sombra pueden ser afectados por las variantes del clima, siendo uno más vulnerable que otro o incluso ambos igualmente vulnerables, pero la familia de café a pleno sol solo tiene café para vivir, mientras que la familia con cafetal bajo sombra tiene otros productos agroforestales, lo que hace que la economía familiar sea menos vulnerable a las condiciones climáticas. Estudios demuestran que usar árboles de sombra en la agricultura ha sido una de las más exitosas estrategias de diversificación y adaptación al cambio climático ([Altieri et al. 2012](#); [Jacobi et al. 2015](#)).

La vulnerabilidad y capacidad adaptativa medianamente crítica en los SAFC estudiados está relacionada con cambios bruscos de temperatura, sequía o ausencia de agua en el mayor de los casos y lluvias esporádicas. Todo esto ha repercutido en la baja fertilidad de los suelos, floración irregular del café, lo que influye directamente en la disminución de la producción.

Hallazgos y su implicación para la caficultura

Este estudio ofrece información respaldada a partir de una selección rigurosa de 407 SAFC, cafetales representativos de cada regional cafetalera de República Dominicana y con base en esta población, se realizó un muestreo estratificado para esta investigación, lo que asegura que fueron considerados tipos de cafetales de cada zona cafetalera del país. Este estudio, además, ofrece información acerca de la diversificación que existe en los SAFC dominicanos, a pesar de que esta no sea aprovechada con todo su potencial. También se logra evidenciar que los SAFC no son manejados adecuadamente, factor que se ve reflejado en los bajos rendimientos.

Este trabajo deriva recomendaciones a la caficultura dominicana, basadas en capitalizar la densidad de dosel de sombra y riqueza de especies útiles en los SAFC; para este fin, los tipos

C1 y C4 fueron descritos en este estudio y se constituyen en los sistemas más promisorios que pueden servir como guía para otros sistemas. Para tomar en cuenta en estudios futuros, este tipo de trabajo requiere más investigación, con el fin de comprender mejor los mecanismos que podrían regular las sinergias o compensaciones en mejorar estos sistemas de producción, estableciendo ensayos de cafetales con características similares a los más exitosos arrojados en esta investigación. Por otro lado, se presenta que interesados sobre el desarrollo económico de los caficultores en la región conozcan el estado actual de la caficultura dominicana. Además de demostrar la importancia de los servicios ecosistémicos que ofrecen los sistemas sombríos, especialmente para los agricultores de escasos recursos.

5. CONCLUSIONES

- (i) Los sistemas de producción en República Dominicana son bajo sombra y tienen una densidad baja de plantas de café en comparación con países de Centroamérica y América del Sur, están dominados por árboles de servicio y árboles frutales en el dosel de sombra. En general, los SAFC dominicanos son diversos con diferentes tipos de leñosas perennes y los menos diversos se caracterizan por tener dominio de musáceas (v.g.: banano en tipo de SAFC C3). El manejo agronómico y agroforestal de los SAFC dominicanos, en general e independientemente del tipo de SAFC, no es óptimo, y depende de la mano de obra contratada que representa un gasto importante. Asimismo, gran parte de los SAFC dominicanos pertenecen a la categoría "vulnerabilidad y capacidad adaptativa medianamente críticas".
- (ii) Los rendimientos más importantes en los SAFC dominicanos proceden de café, banano, cítricos y aguacate, siendo el banano un frutal de importancia en estos sistemas. El café como cultivo principal alcanza rendimientos de 4,95 qq pergamino seco $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, dato que confirma que el rendimiento de café en República Dominicana es bajo. El uso de maderables no es común debido a la política de aprovechamiento del país, la cual no está enfocada de la manera correcta y por tradición, tal vez la mayoría de los productores no aceptaría incrementarlos dentro de cafetales y verlos como una opción de ingresos, sin embargo, si se cumple con los procedimientos que exige el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, es posible su aprovechamiento. A pesar de que los precios de productos agroforestales en el mercado son variables, los precios de productos cultivados en SAFC dominicanos son eventualmente altos, no obstante, los caficultores no aprovechan esta coyuntura. Las pérdidas de los productos agroforestales generalmente son dadas por plagas, enfermedades, eventos climáticos (sequía, exceso de lluvia) y mano de obra deficiente.
- (iii) Todos los tipos SAFC contribuyen de forma similar a los indicadores de ingresos de familias cafetaleras. En todos, se debería incrementar la mano de obra familiar para así reducir el costo de mano de obra contratada y, por tanto, incrementar el flujo de efectivo. Sí hubo diferencias en el valor de autoconsumo (VA), un sistema que contribuye a ese indicador, como el tipo C1, tendría ventaja sobre los otros al aportar al sustento de las familias, además de la adaptación y reducción de vulnerabilidad frente a la pobreza que embarga las zonas cafetaleras. El beneficio familiar (BF) y el flujo de efectivo (FE) destacan la contribución real del dosel de

sombra en SAFC estudiados y que, generalmente, no es documentada. En este estudio, los tipos de SAFC más promisorios fueron *C1* y *C4*.

- (iv) La relación de indicadores socioeconómicos con la diversidad botánica depende del tipo de SAFC. Esto indica que no se puede generalizar sobre *trade-offs* o sinergias cuando se estudian tipos de café en una determinada zona para generar recomendaciones útiles. Además, es un hallazgo de utilidad porque da la oportunidad de aprender de las relaciones positivas que se encuentren en un determinado tipo y evitar las relaciones indeseables.
- (v) Los SAFC dominicanos aportan los siete grupos nutricionales de mayor importancia para el ser humano (proteínas, carbohidratos, vitamina A, vitamina C, hierro, zinc y ácido fólico), contribuyendo así a la seguridad alimentaria de las familias rurales. Los productos agroforestales de autoconsumo en los SAFC estudiados que aportan mayores nutrientes son: *C. sinensis* y *C. papaya*. Existen productos agroforestales en estos sistemas de producción de menor aporte de nutrientes: *A. xanthorrhiza* y *S. edule*, estos solo contienen cuatro de siete nutrientes esenciales. A pesar de los nutrientes que ofrecen seguridad alimentaria en estos SAFC, los rendimientos no son aún suficientes para la estabilidad alimentaria de estas familias. No obstante, la contribución de los SAFC refleja el potencial del cafetal para albergar especies que brindan seguridad alimentaria.
- (vi) Ambos tipos *C1* y *C4* no son modelos óptimos, pero sí promisorios, así que futuros estudios deberían tratar justamente de optimizarlos; el tipo *C1* es útil como modelo para familias en zonas remotas, en lugar con reducida idoneidad para cultivar café o que les interese la diversificación, mientras que el tipo *C4* aplica para familias con un objetivo primordial de generar ingresos en efectivo.

En República Dominicana los sistemas de producción de café son de gran importancia para la conservación de los recursos naturales. La biodiversidad se manifiesta en la diversidad genética de poblaciones, especies, ecosistemas y paisajes. Gran parte de las plantaciones en el país se encuentran en zonas importantes de captación de agua, mayormente, en las zonas próximas a áreas protegidas. Los cafetales dominicanos son producidos bajo sombra, en la mayoría de las ocasiones, con una mayor cobertura que la necesaria para una producción económicamente sostenible.

6. RECOMENDACIONES

Con base en los hallazgos de esta investigación, se sugieren las siguientes estrategias para la caficultura dominicana:

- Continuar con trabajos actuales de mejorar el manejo agronómico y adicionar esfuerzos para mejorar el diseño y manejo agroforestal especialmente de árboles de servicio y frutales. Hacer manejo de los árboles de servicio que permita equilibrar entrada de luz adecuada e incrementando la entrada de biomasa a los sistemas.
- Uso de sombra bien diversificada, considerando las prácticas agroforestales para reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad adaptativa frente al cambio

climático (v.g.: obras de conservación de suelos y limpieza de drenajes, para evitar posibles deslizamientos si se presentan lluvias esporádicas muy fuertes).

- Considerando el notable efecto de sequías en zonas cafetaleras, se debe profundizar en las alternativas adecuadas para cosecha y riego adecuado de los cultivos en las fincas.
- En renovación de cafetales, considerar un posible aumento de densidades de café utilizando variedades mejoradas tolerantes a enfermedades y que permitan incrementar la productividad.
- Contemplar un rediseño de doseles de sombra con base en buenos ejemplos de indicadores socioeconómicos y relaciones con diversidad de los tipos C1 y C4, además de balancear densidades y áreas basales por componente, nivel de importancia económica y aprovechamiento (v.g.: frutales diversos, árboles maderables y servicio).
- En la promoción de diversificación, fomentar mayor uso de tubérculos, este tipo de producto incrementaría ingresos y estaría contribuyendo a la seguridad alimentaria.
- Los maderables se podrían ver como una opción de ingresos, al promoverse en plantaciones lineales.
- Motivar a mayor uso de mano de obra familiar y ver el cafetal como una opción atractiva de ingresos, si se hace un buen manejo; dado que hay una dependencia de mano de obra contratada, haitiana en este caso, y no cambiaría en un corto o mediano plazo, también valdría la pena incluir a estas personas en eventos de capacitación para mejorar el manejo de los cafetales dominicanos.

7. AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Agricultura de República Dominicana, por haberme otorgado la beca para realizar mis estudios de posgrado en tan importante casa de estudios en el área agrícola, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica. Agradezco al Instituto Dominicano del Café (INDOCAFE), por su apoyo en brindarme el permiso laboral para cumplir con mis objetivos académicos y permitirme crecer profesionalmente, con ello agradecer a los directivos que forman parte de esta institución, agentes de desarrollo cafetaleros y, por supuesto, a todos los caficultores dominicanos. Agradezco grandemente al Dr. Rolando Cerda, por la dirección y coordinación del trabajo de grado que dio origen a este escrito, así como a los miembros del Comité Consejero, Dr. Elías De Melo Virginio Filho, Dra. Leila Bagny-Beilhe y M.Sc. Amadeo Escarramán, por sus orientaciones.

8. LITERATURA CITADA

- Acuna, V; Antonio, R. 2014. Análisis de las condiciones de manejo que propiciaron el impacto de la roya (*Hemileia vastatrix*) en la zona cafetalera de los municipios de Jinotega, el Tuma-La Dalia y San Ramón, Nicaragua. Tesis Catie.
- Acuna, V; Antonio, R. 2016. Efecto de los árboles de sombra sobre el rendimiento de los cafetos, basado en perfiles de daño:
- Adeolu, A; Enesi, D. 2013. Assessment of proximate, mineral, vitamin and phytochemical compositions of plantain (*Musa paradisiaca*) bract—an agricultural waste International Research Journal of plant science 4(7):192-197.
- Agricultura., OdINUpIAYI; Salud, OPdI. 2017. 2016 América Latina y el Caribe: panorama de la seguridad alimentaria y nutricional. Sistemas alimentarios sostenibles para poner fin al hambre y la malnutrición. FAO, OPS Santiago de Chile.
- Albertin, A; Nair, P. 2004. Farmers' perspectives on the role of shade trees in coffee production systems: An assessment from the Nicoya Peninsula, Costa Rica Human ecology 32(4):443-463.
- Ali, A; Devarajan, S; Waly, M; Essa, MM; Rahman, M. 2011. Nutritional and medicinal value of papaya (*Carica papaya* L.) Natural Products and Bioactive Compounds in Disease prevention. New York: Nova Science Publishers:34-42.
- Altieri, MA; Funes-Monzote, FR; Petersen, P. 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty Agronomy for sustainable development 32(1):1-13.
- Altieri, MÁ; Nicholls, CI. 2012. Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica Agroecología 7(2):65-83.
- Alves, EP; Silva, MLd; Oliveira Neto, SNd; Barrella, TP; Santos, RHS. 2015. Economic analysis of a coffee-banana system of a family-based agriculture at the atlantic forest zone, Brazil Ciência e Agrotecnologia 39(3):232-239.
- Alves, V; Goulart, FF; Jacobson, TKB; de Miranda Filho, RJ; Ribas, CEDC. 2016. Shade's benefit: Coffee production under shade and full sun Journal of Agricultural Science 8(11):11-19.
- Aravind, G; Bhowmik, D; Duraivel, S; Harish, G. 2013. Traditional and medicinal uses of *Carica papaya* Journal of Medicinal Plants Studies 1(1):7-15.
- Arronis Díaz, V. 2006. Los sistemas agroforestales como una opción de producción sostenible. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria
- Aybar, D; de los Angeles, M. 2013. Adecuación bioclimática a viviendas en el trópico caribeño: El caso de la república dominicana:
- Bacon, C. 2005. Confronting the coffee crisis: can fair trade, organic, and specialty coffees reduce small-scale farmer vulnerability in northern Nicaragua? World development 33(3):497-511.
- Barros, R; Maestri, M. 1995. Coffee crop ecology Tropical Ecology (India) v. 36 (1) p. 1-19:
- Bates, D; Maechler, M; Bolker, B; Walker, S; Christensen, R; Singmann, H; Dai, B; Grothendieck, G. 2011. Package 'lme4' Linear mixed-effects models using Eigen and S4 classes. R package version 1(6):
- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, J; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Funciones de servicio de los sistemas de agroforestería. In. Proceedings XII World Forestry Congress. Ministry of Natural Resources. Québec. p.
- Berkes, F; Colding, J; Folke, C. 2008. Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change. Cambridge University Press.
- Bernardino-Nicanor, A; Bravo-Delgado, C; Vivar-Vera, G; Martínez-Sánchez, C; Pérez-Silva, A; Rodríguez-Miranda, J; Vivar-Vera, M. 2014. Preparation, composition, and functional

- properties of a protein isolate from a defatted mamey sapote (*Pouteria sapota*) seed meal *Cyta-Journal of Food* 12(2):176-182.
- Bhagwat, SA; Willis, KJ; Birks, HJB; Whittaker, RJ. 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in ecology & evolution* 23(5):261-267.
- Bishaw, B; Neufeldt, H; Mowo, J; Abdelkadir, A; Muriuki, J; Dalle, G; Assefa, T; Guillozet, K; Kassa, H; Dawson, IK. 2013. Farmers' strategies for adapting to and mitigating climate variability and change through agroforestry in Ethiopia and Kenya:
- Blasco López, G; Montaña, FJG. 2015. Propiedades funcionales del plátano (*Musa* sp) *Revista Médica de la Universidad Veracruzana* 14(2):22-26.
- Boakye, AA; Wireko-Manu, FD; Oduro, I; Ellis, WO; Gudjónsdóttir, M; Chronakis, IS. 2018. Utilizing cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) for food and nutrition security: A review *Food science & nutrition* 6(4):703-713.
- Bolzán, A; Mercer, R. 2009. Seguridad alimentaria y retardo crónico del crecimiento en niños pobres del norte argentino *Archivos argentinos de pediatría* 107(3):221-228.
- Bravo-Monroy, L; Potts, SG; Tzanopoulos, J. 2016. Drivers influencing farmer decisions for adopting organic or conventional coffee management practices *Food policy* 58:49-61.
- Cabahug, RED; Baliton, RS; Landicho, LD; Comia, RA; Paelmo, RF. 2018. Scaling Up Agroforestry Promotion for Sustainable Development of Selected Smallholder Farmers in the Philippines. Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in
- Campanha, MM; Santos, RHS; De Freitas, GB; Martinez, HEP; Garcia, SLR; Finger, FL. 2004. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil *Agroforestry systems* 63(1):75-82.
- Canet Brenes, G; Soto Viquez, C; Ocampo Thomason, P; Rivera Ramírez, J; Navarro Hurtado, A; Guatemala Morales, G; Villanueva Rodríguez, S; Dalip, K; Benavides, E; Romero Prada, J. 2016. La situación y tendencias de la producción de café en América Latina y El Caribe. *In*. Libro técnico. 6. IICA, San José (Costa Rica) Centro de Investigación y Asistencia en p.
- Cannell, M; Van Noordwijk, M; Ong, C. 1996. The central agroforestry hypothesis: the trees must acquire resources that the crop would not otherwise acquire *Agroforestry systems* 34(1):27-31.
- Cardinale, BJ; Palmer, MA; Collins, SL. 2002. Species diversity enhances ecosystem functioning through interspecific facilitation *Nature* 415(6870):426.
- Cardozo, EG; Muchavisoy, HM; Silva, HR; Zelarayán, MLC; Leite, MFA; Rousseau, GX; Gehring, C. 2015. Species richness increases income in agroforestry systems of eastern Amazonia *Agroforestry systems* 89(5):901-916.
- Castellanos Verdugo, M; Orgaz Agüera, F. 2013. Potencialidades Ecoturísticas De La República Dominicana *TURyDES* 6(14):
- CEPAL; INDOCAFE; CNCCMDL. 2018. Café y cambio climático en la República Dominicana. Impactos potenciales y opciones de respuesta. Disponible en <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44163-cafe-cambio-climatico-la-republica-dominicana-impactos-potenciales-opciones>
- CEPAL. 2019. Diagnóstico de la cadena de café en la República Dominicana Ed. CNCCMDL, I. Borrador ed. Santo Domingo, República Dominicana, 100 p.
- Cerda, R; Deheuvels, O; Calvache, D; Niehaus, L; Saenz, Y; Kent, J; Vilchez, S; Villota, A; Martinez, C; Somarriba, E. 2014. Contribution of cocoa agroforestry systems to family income and domestic consumption: looking toward intensification *Agroforestry systems* 88(6):957-981.
- Cerda, R. 2016. Effects of shade , altitude and management on multiple ecosystem services in coffee agroecosystems *Agroforest Systematics* 88:957–981.

- Cerda, R; Allinne, C; Gary, C; Tixier, P; Harvey, CA; Krolczyk, L; Mathiot, C; Clément, E; Aubertot, J-N; Avelino, J. 2017. Effects of shade, altitude and management on multiple ecosystem services in coffee agroecosystems *European Journal of Agronomy* 82:308-319.
- Cerda, R. 2019. Biodiversidad y servicios ecosistémicos. Ed. CATIE. Presentación de clase bases técnicas y conceptuales sobre agroforestería y agricultura sostenible ed. 12-13 p.
- Cerda, R; Andrade, H. 2019. Dasometría y medición de sombra. Ed. CATIE.
- Climate-Data.org. 2019-2020. Clima: República Dominicana
- Coelli, T; Fleming, E. 2004. Diversification economies and specialisation efficiencies in a mixed food and coffee smallholder farming system in Papua New Guinea *Agricultural Economics* 31(2-3):229-239.
- Colwell, RK. 2020. EstimateS 9.1.0
- Statistical estimation of species richness and shared species from samples. *In* p. Freeware for Windows and Mac OS.
- CSA. 2018a. La nutrición y los sistemas alimentarios. Ed. FAO, Cdsam. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i7846es.pdf>
- CSA, CdsamF. 2018b. La nutrición y los sistemas alimentarios. Ed. FAO, Cdsam. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i7846es.pdf>
- Chaparro Rojas, DC; Maldonado Celis, ME; Franco Londoño, MC; Urango Marchenta, LA. 2014. Características nutricionales y antioxidantes de la fruta curuba larga (*Passiflora mollissima* Bailey):
- Davis, H; Rice, R; Rockwood, L; Wood, T; Marra, P. 2019. The economic potential of fruit trees as shade in blue mountain coffee agroecosystems of the Yallahs River watershed, Jamaica *WI Agroforestry systems* 93(2):581-589.
- Dawson, IK; Guariguata, MR; Loo, J; Weber, JC; Lengkeek, A; Bush, D; Cornelius, J; Guarino, L; Kindt, R; Orwa, C. 2013. What is the relevance of smallholders' agroforestry systems for conserving tropical tree species and genetic diversity in circa situm, in situ and ex situ settings? *A review Biodiversity and Conservation* 22(2):301-324.
- DeClerck, FA; Fanzo, J; Palm, C; Remans, R. 2011. Ecological approaches to human nutrition *Food and Nutrition Bulletin* 32(1_suppl1):S41-S50.
- Detlefsen, G; Somarriba, E. 2015. Producción agroforestal de madera en fincas agropecuarias de Centroamérica *Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales, Serie técnica. Informe técnico* 402:21-43.
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; GONZALEZ L, T. 2019. M.; ROBLEDO, CW InfoStat versión 2014 Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL. Disponible en: < <http://www.infostat.com.ar> > Acceso el 3(06):
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; GONZALEZ L, T. 2020. M.; ROBLEDO, CW InfoStat versión 2014 Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL. Disponible en: < <http://www.infostat.com.ar> > Acceso el 3(06):
- Diaz, S; Cabido, M. 2001. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes *Trends in ecology & evolution* 16(11):646-655.
- EFSA Panel on Dietetic Products, N; Allergies. 2015. Scientific Opinion on the safety of *Arracacia xanthorrhiza* as a novel food *EFSA Journal* 13(1):3954. Reimpreso de: (NDA)
- Ehrenbergerová, L; Septunova, Z; Habrova, H; Puerta Tuesta, RH; Matula, R. 2019. Shade tree timber as a source of income diversification in agroforestry coffee plantations, Peru *BOIS ET FORETS DES TROPIQUES*(342):93-103.
- Enejoh, OS; Ogunyemi, IO; Bala, MS; Oruene, IS; Suleiman, MM; Ambali, SF. 2015. Ethnomedical importance of *Citrus aurantifolia* (christm) swingle *The Pharma Innovation* 4(8, Part A):1.

- Escarramán, A; Romero, J; Almonte, I; Ribeyre, F; Aguilar, P; Jiménez, H; Causse, A; Olivares, F; Batista, I. 2007. Determinación de los atributos de calidad del café en zonas productoras de la República Dominicana IDIAF-CODOCAFE: Santo Domingo:
- Escarramán, A. 2020. Retos de la producción de café ante un clima cambiante. Ed. PROCAGICA-RD. Foro Cafetero ed. Santo Domingo, Rep. Dom., 34-35 p. (Instituto Dominicano del Café).
- Etebu, E; Nwauzoma, A. 2014. A review on sweet orange (*Citrus sinensis* L Osbeck): health, diseases and management American Journal of Research Communication 2(2):33-70.
- Europeas, C. 2008. La economía de los ecosistemas y la biodiversidad Una producción de Banson, Cambridge (Reino Unido):
- FAO. 2001. Human Vitamin and Mineral Requirements. Ed. Organization, WH. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-y2809e.pdf>
- FAO; INTEC. 2004. Roles de la agricultura en la República Dominicana.
- FAO. 2017. Reflexiones sobre el sistema alimentario y perspectivas para alcanzar su sostenibilidad en América Latina y el Caribe. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i7053s.pdf>
- FAO. 2019. Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Disponible en <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/provisioningservices/es/>
- Farfán, F. 2014. Agroforestería y sistemas agroforestales con café Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé Manizales, Caldas (Colombia):
- Fernández, V; Sulbarán, B; Ojeda de Rodríguez, G; Nava, R; Delgado, J; Berradre, M; Peña, J. 2010. Contenido mineral de la guanábana (*Annona muricata*) cultivada en el occidente de Venezuela Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas 41(1):
- Ferreira, P; Gonçalves, D; Nery, M; Zang, K; Cesar, T; Baldwin, E. 2017. Assessment of different orange juices and beverages on blood antioxidant capacity of healthy individuals. *In*. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. Florida State Horticultural Society. p. 174-178.
- Figueroa, B. 2020. Aprovechamiento forestal de República Dominicana
- FNC. 2020. Producción de café de Colombia cerró el 2019 en 14,8 millones de sacos. Ed. Colombia, FNDCd. Bogotá, Colombia, Disponible en <https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-cerro-el-2019-en-148-millones-de-sacos/>
- Fournier, L. 1981. Importancia de los sistemas agroforestales en Costa Rica Universidad de Costa Rica 5(1/2):141-147.
- Frías Tamayo, JÁ; Ramírez Peña, G; de la Paz Lorente, C; Herrero Pacheco, C; Acosta Campusano, Y. 2016. *Sechium edule* (jacq) sw: Phytotherapeutic as an antibacterial agent MediSur 14(6):664-670.
- García-Barrios, L; Ong, C. 2004. Ecological interactions, management lessons and design tools in tropical agroforestry systems. Springer. 221-236 p.
- García-Barrios, L; Cruz-Morales, J; Vandermeer, J; Perfecto, I. 2017. The Azteca Chess experience: learning how to share concepts of ecological complexity with small coffee farmers Ecology and Society 22(2):
- García-Senz, J; Monthel, J; Díaz de Neira, J; Hernaiz Huerta, P; Escuder Viruete, J; Pérez-Estaún, A. 2010. La estructura de la Cordillera Oriental de la República Dominicana Boletín geológico y minero 118(2):293-312.
- García, E; Hernández, E; De Paula, CD; Tatis, HA. 2003. Caracterización bromatológica de la berenjena (*Solanum melongena* L.) en el Departamento de Córdoba Temas Agrarios:27-32.

- García Mayoral, LE; Valdez Hernández, JI; Luna Cavazos, M; López Morgado, R. 2015. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz Madera y bosques 21(3):69-82.
- Gargi, D. 2019. Avocado consumption and immune response: A review on ethiopian context (Article). Indian Journal of Public Health Research and Development 10(9):253-258. Reimpreso de: Export Date: 19 May 2020 Disponible en <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85075322931&doi=10.5958%2f0976-5506.2019.02435.5&partnerID=40&md5=4211fa530f04ba3a118bd623a65f8eaa> doi 10.5958/0976-5506.2019.02435.5
- Garrity, DP. 2004. Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals Agroforestry systems 61(1-3):5-17.
- Gent, MP; Parrish, ZD; White, JC. 2005. Nutrient uptake among subspecies of Cucurbita pepo L. is related to exudation of citric acid Journal of the American Society for Horticultural Science 130(5):782-788.
- Gnonlonfon, I; Assogbadjo, AE; Gnanglè, CP; Kakai, RLG. 2019. New indicators of vulnerability and resilience of agroforestry systems to climate change in West Africa Agronomy for sustainable development 39(2):23.
- Gobbi, JA. 2000. Is biodiversity-friendly coffee financially viable? An analysis of five different coffee production systems in western El Salvador Ecological Economics 33(2):267-281.
- Gockowski, J; Sonwa, D. 2011. Cocoa intensification scenarios and their predicted impact on CO 2 emissions, biodiversity conservation, and rural livelihoods in the Guinea rain forest of West Africa Environmental management 48(2):307-321.
- González, W; Perilla, SP; Pulido, A. 2010. Análisis financiero del sistema de producción cafetalera en seis municipios de la provincia de Vélez (Santander, Colombia) Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 4(2):223-234.
- Haggard, J; Barrios, M; Bolaños, M; Merlo, M; Moraga, P; Munguia, R; Ponce, A; Romero, S; Soto, G; Staver, C. 2011. Coffee agroecosystem performance under full sun, shade, conventional and organic management regimes in Central America Agroforestry systems 82(3):285-301.
- Hairiah, K; Swibawa, I; Dewi, W; Aini, F; Suprayogo, D; Susilo, F; Van Noordwijk, M. 2014. Shade, litter, nematodes, earthworms, termites and companion trees in coffee agroforestry in relation to climate resilience. In. Abstract of World Congress on Agroforestry. p. 10-14.
- Hong, Y-Z; Liu, W-P; Dai, Y-W. 2019. Income diversification strategies and household welfare: empirical evidence from forestry farm households in China Agroforestry systems 93(5):1909-1925.
- Huss-Ashmore, R; Goodman, JL. 1988. SEASONALITY OF WORK, WEIGHT, AND BODY COMPOSITION MASCA Research Papers in Science and Archaeology 5:29.
- ICO. 2019. International Coffee Organization. (Country Data on the Global Coffee Trade). Disponible en http://www.ico.org/profiles_e.asp
- IICA. 2016. Situación actual de la producción de Café en la República Dominicana, los efectos de la Roya (Hemileia Vastatrix) Disponible en <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/situaci%C3%B3n-actual-de-la-producci%C3%B3n-de-caf%C3%A9-en-la-rep%C3%BAblica-dominicana-los-efectos-de>
- Jacob, V; Alles, W. 1987. Kandyan gardens of Sri Lanka Agroforestry systems 5(2):123-137.
- Jacobi, J; Schneider, M; Bottazzi, P; Pillco, M; Calizaya, P; Rist, S. 2015. Agroecosystem resilience and farmers' perceptions of climate change impacts on cocoa farms in Alto Beni, Bolivia Renewable Agriculture and Food Systems 30(2):170-183.

- Jaramillo-Botero, C; Santos, RHS; Martinez, HEP; Cecon, PR; Fardin, MP. 2010. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels *Scientia Agricola* 67(6):639-645.
- Jezeer, R; Verweij, P. 2015. CAFÉ EN SISTEMAS AGROFORESTAL:
- Jezeer, RE; Santos, MJ; Boot, RG; Junginger, M; Verweij, PA. 2018. Effects of shade and input management on economic performance of small-scale Peruvian coffee systems *Agricultural Systems* 162:179-190.
- Jimenez, H; Galtier, F; Del Rosario, PJ; López, J; Valverde, L. 2008. Mercado interno del café en la República Dominicana. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).
- Kolawole, S; OBUH, H; Emokpae, B. 2017. Nutritional and antinutritional evaluation of grape fruit (*Citrus paradisi*) juice using different extraction methods *Journal of Advances in Food Science & Technology* 4(2):84-90.
- Lauricella, M; Emanuele, S; Calvaruso, G; Giuliano, M; D'Anneo, A. 2017. Multifaceted health benefits of *Mangifera indica* L.(Mango): the inestimable value of orchards recently planted in Sicilian rural areas *Nutrients* 9(5):525.
- Leakey, RR; Tchoundjeu, Z; Schreckenber, K; Shackleton, SE; Shackleton, CM. 2005. Agroforestry tree products (AFTPs): targeting poverty reduction and enhanced livelihoods *International Journal of Agricultural Sustainability* 3(1):1-23.
- Lecca, ER; Huatuco, RM. 2015. Valoración económica ambiental: el problema del costo social *Industrial Data* 18(2):61-71.
- León Méndez, G; Granados Conde, C; Fortich, O; del Rosario, M. 2016. Caracterización de la pulpa de *Annona muricata* L. cultivada en el Norte del Departamento de Bolívar-Colombia *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 21(4):1-9.
- Litoriya, NS; Gandhi, K; Talati, J. 2014. Nutritional composition of different chilli (*Capsicum annum* L.) varieties *Indian Journal of Agricultural Biochemistry* 27(1):91-92.
- Lyngbaek, AE; Muschler, RG. 2001. Productivity and profitability of multistrata organic versus conventional coffee farms in Costa Rica *Agroforestry systems* 53(2):205-213.
- Magcale-Macandog, DB; Rañola, FM; Rañola, RF; Ani, PAB; Vidal, NB. 2010. Enhancing the food security of upland farming households through agroforestry in Claveria, Misamis Oriental, Philippines *Agroforestry systems* 79(3):327-342.
- Mandleni, B; Anim, F. 2011. Climate change awareness and decision on adaptation measures by livestock farmers.
- MARENA, PdIRD, Gobierno Presidente Leonel Fernández 2006. Reglamento Forestal Ley 64-00(45 p).
- Martín-López, B; Montes, C. 2010. Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales *Guía científica de Urdaibai* 1:13-32.
- Méndez, VE; Castro-Tanzi, S; Goodall, K; Morris, K; Bacon, CM; Läderach, P; Morris, W; Georgeoglou-Laxalde, M. 2011. Livelihood and environmental trade-offs of climate mitigation in smallholder coffee agroforestry systems. Routledge.
- Mereles, L; Ferro, E; Alvarenga, N; Caballero, S; Wiszovaty, L; Piris, P; Michajluk, B. 2017. Chemical composition of *Macadamia integrifolia* (Maiden and Betcher) nuts from Paraguay *International Food Research Journal* 24(6):
- Meriño, F. 1898. División regional de la República Dominicana:
- Meteoblue. 2019-2020. Weather Princeton
- 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 & Environment* 245:32-42.

- Michael, W. 2015. Café y banano juntos para mejorar ingresos de agricultores ugandeses Inter press services, KAMPALA; Diciembre: Consultado Disponible en <http://www.ipsnoticias.net/2015/12/cafe-y-banano-juntos-para-mejorar-ingresos-de-agricultores-ugandeses/>
- Ministerio de agricultura, pya. 2004. Programa de manejo del riesgo agropecuario en la República Dominicana. España, Disponible en https://www.mapa.gob.es/es/enesa/publicaciones/ni_documento_rep_dominicana_tc_m30-130319.pdf
- Montagnini, F; Metzel, R. 2015. Biodiversidad, manejo de nutrientes y seguridad alimentaria en huertos caseros mesoamericanos Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales, Serie técnica informe técnico(402):381-403.
- Muschler, R. 1999. Árboles en cafetales. Catie.
- Navarro, CL; Restrep, D; Perez, J. 2014. El guandul (*Cajanus cajan*) una alternativa en la industria de los alimentos Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial 12(2):203-212.
- Nesper, M; Kueffer, C; Krishnan, S; Kushalappa, CG; Ghazoul, J. 2019. Simplification of shade tree diversity reduces nutrient cycling resilience in coffee agroforestry Journal of applied ecology 56(1):119-131.
- Nestel, D. 1995. Coffee in Mexico: international market, agricultural landscape and ecology Ecological Economics 15(2):165-178.
- Njoh Ellong, E; Billard, C; Pétero, D; Adenet, S; Rochefort, K. 2015. Physicochemical, nutritional and sensorial qualities of Boutou yam (*Dioscorea alata*) varieties Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences 2 (3), 138-150.(2015):
- Núñez, P; Cuevas, B. 2004. Especies arbóreas de valor comercial y cultivos alimenticios presentes en cafetales de las provincias Monseñor Novel y La Vega Agroforestería. Res. Invest. Idiaf 1:1-27.
- Nyong, AP; Ngankam, TM; Felicite, TL. 2019. Enhancement of resilience to climate variability and change through agroforestry practices in smallholder farming systems in Cameroon Agroforestry systems:1-19.
- Oduol, PA; Aluma, J. 1990. The banana (*Musa spp.*)—Coffee robusta: traditional agroforestry system of Uganda Agroforestry systems 11(3):213-226.
- Okon, WI; Ogri, AI; Igile, GO; Atangwho, IJ. 2017. Nutritional quality of raw and processed unripe *Carica papaya* fruit pulp and its contribution to dietary diversity and food security in some peasant communities in Nigeria International Journal of Biological and Chemical Sciences 11(3):1000-1011.
- Ospina Ante, A. 2003. Agroforestería: Aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal. Asociación del Colectivo de Agroecología del Suroccidente Colombiano, Cali
- Oxfam, G. 2001. The coffee market: A background study. Oxfam.
- País, M. 2019. Pesos y medidas de la República Dominicana. Disponible en <https://mipais.jmarcano.com/diversos/medidas2.html>
- Palacios, V; Barrientos, JC; Rural, D. 2011. Importancia del huerto casero en la seguridad alimentaria. Caso de la comunidad indígena de Camëntsá del valle de Sibundoy. Colombia Revista CienciAgro 2(2):313-318.
- Peñaló, JP; Ramírez, D. 2017. Sector cafetalero en República Dominicana, análisis del impacto del cambio climático. Ed. FUND, CBCND. Disponible en https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/presentacion_17.10.17_diana_ramirez_y_juan_pablo_penalo.pdf
- Perdoná, MJ; Cruz, JCS; Fischer, IH. 2013. Cultivo consorciado de café e macadâmia Pesquisa e Tecnologia 10:1-6.

- Perfecto, I; Rice, RA; Greenberg, R; Van der Voort, ME. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity: shade coffee plantations can contain as much biodiversity as forest habitats *BioScience* 46(8):598-608.
- Pinard, F; Joetzer, E; Kindt, R; Kehlenbeck, K. 2014. Are coffee agroforestry systems suitable for *circa situm* conservation of indigenous trees? A case study from Central Kenya *Biodiversity and Conservation* 23(2):467-495.
- Pinoargote, M; Cerda, R; Mercado, L; Aguilar, A; Barrios, M; Somarriba, E. 2017. Carbon stocks, net cash flow and family benefits from four small coffee plantation types in Nicaragua *Forests, Trees and Livelihoods* 26(3):183-198.
- Ponce Vaca, LA; Acuña Velázquez, IR; Proaño Ponce, WP; Orellana Suárez, KD. 2018. El sistema agroforestal cafetalero. Su importancia para la seguridad agroalimentaria y nutricional en Ecuador *Revista Cubana de Ciencias Forestales* 6(1):116-129.
- Priess, J; Mimler, M; Klein, A-M; Schwarze, S; Tschardtke, T; Steffan-Dewenter, I. 2007. Linking deforestation scenarios to pollination services and economic returns in coffee agroforestry systems *Ecological Applications* 17(2):407-417.
- Pulido-Blanco, VC. 2019. Regionales del Instituto Dominicano del Café en la República Dominicana.
- Pumariño, L; Sileshi, GW; Gripenberg, S; Kaartinen, R; Barrios, E; Muchane, MN; Midega, C; Jonsson, M. 2015. Effects of agroforestry on pest, disease and weed control: a meta-analysis *Basic and Applied Ecology* 16(7):573-582.
- Putnik, P; Barba, FJ; Lorenzo, JM; Gabrić, D; Shpigelman, A; Cravotto, G; Bursać Kovačević, D. 2017. An integrated approach to mandarin processing: Food safety and nutritional quality, consumer preference, and nutrient bioaccessibility *Comprehensive reviews in food science and food safety* 16(6):1345-1358.
- Rahn, E; Liebig, T; Ghazoul, J; van Asten, P; Läderach, P; Vaast, P; Sarmiento, A; Garcia, C; Jassogne, L. 2018. Opportunities for sustainable intensification of coffee agroecosystems along an altitudinal gradient on Mt. Elgon, Uganda *Agriculture, Ecosystems & Environment* 263:31-40.
- Ratnadass, A; Fernandes, P; Avelino, J; Habib, R. 2012. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review *Agronomy for sustainable development* 32(1):273-303.
- Real Aquino, HJ. 2013. República Dominicana: análisis de la actividad turística, estrategias de expansión, oportunidades, barreras y riesgos de inversión en el turismo: Disponible en <http://repositorio.upct.es/handle/10317/3431>
- Rech Franke, SI; Guecheva, TN; Henriques, JAP; Prá, D. 2013. Orange juice and cancer chemoprevention *Nutrition and cancer* 65(7):943-953.
- Rice, RA. 2008. Agricultural intensification within agroforestry: the case of coffee and wood products *Agriculture, Ecosystems & Environment* 128(4):212-218.
- Rice, RA. 2011. Fruits from shade trees in coffee: how important are they? *Agroforestry systems* 83(1):41-49.
- Rigal, C; Vaast, P; Xu, J. 2018. Using farmers' local knowledge of tree provision of ecosystem services to strengthen the emergence of coffee-agroforestry landscapes in southwest China *PloS one* 13(9):e0204046.
- Romo, AG. 2019. Café y pobreza en los productores Otomí-Tepehua: crisis del desarrollo rural frente al neoliberalismo *Cimexus* 13(2):27-42.
- ROSA, LS; Vieira, TA; Santos, Ad; Meneses, A; Rodrigues, A; Perote, J; Lopez, C. 2009. Limites e oportunidades para a adoção de sistemas agroflorestais pelos agricultores familiares da microrregião Bragantina, PA Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação. Brasília: Embrapa:645-670.

- Rosario, M; Rojas, MD. 2017. Análisis del efecto de la temperatura de cocción en la calidad nutritiva del jugo natural de guayaba (*Psidium guajava* L.) utilizando el fruto maduro sin piel *Revista de Investigación* 41(90):83-101.
- Sáenz Tijerino, YI. 2013. Aporte del cacaotal en la economía y nutrición familiar en Waslala, Nicaragua. Tesis
- Sáenz, Y. 2012. Aporte del cacaotal en la economía y nutrición familiar en Waslala, Nicaragua. Ed. CATIE. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4511/Aporte_del_cacaotal.pdf;jsessionid=B89A466C3E8C62D12269C44F6BDBEA54?sequence=1
- Salvador, E; Steenkamp, V; McCrindle, CME. 2014. Production, consumption and nutritional value of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) in Mozambique: An overview:
- Sarmiento-Soler, A; Vaast, P; Hoffmann, MP; Jassogne, L; van Asten, P; Graefe, S; Rötter, RP. 2020. Effect of cropping system, shade cover and altitudinal gradient on coffee yield components at Mt. Elgon, Uganda *Agriculture, Ecosystems & Environment* 295:106887.
- SEMARENA. 2009. Segunda Comunicación Nacional, Proyecto Cambio Climático 2009. Santo Domingo, República Dominicana, Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARENA) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Disponible en <http://dipecholac.net/docs/files/529-domrepnc2.pdf>
- Sibelet, N; Montzieux, M. 2012. Les facteurs de résilience de la caféiculture au Kenya: de la sécurisation alimentaire à la retraite *Cahiers Agricultures* 21(2-3):179-191 (1).
- Siyuan, S; Tong, L; Liu, R. 2018. Corn phytochemicals and their health benefits *Food Science and Human Wellness* 7(3):185-195.
- Somarriba, E. 1990. Sustainable timber production from uneven-aged shade stands of *Cordia alliodora* in small coffee farms *Agroforestry systems* 10(3):253-263.
- Somarriba, E; Beer, J. 2011. Productivity of *Theobroma cacao* agroforestry systems with timber or legume service shade trees *Agroforestry systems* 81(2):109-121.
- Somarriba, E; Cerda, R; Orozco, L; Cifuentes, M; Dávila, H; Espin, T; Mavisoy, H; Ávila, G; Alvarado, E; Poveda, V. 2013. Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America *Agriculture, Ecosystems & Environment* 173:46-57.
- Soto-Pinto, L; Perfecto, I; Castillo-Hernandez, J; Caballero-Nieto, J. 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico *Agriculture, Ecosystems & Environment* 80(1-2):61-69.
- Souza, HN; Graaff, J; Pulleman, MM. 2012. Strategies and economics of farming systems with coffee in the Atlantic Rainforest Biome *Agroforestry systems* 84(2):227-242.
- Ssebulime, G; Nyombi, K; Kagezi, G; Mpiira, S; Byabagambi, S; Tushemereirwe, W; Kubiriba, J; Karamura, E; Staver, C. 2018. Canopy management, leaf fall and litter quality of dominant tree species in the banana agroforestry system in Uganda *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 18(1):
- Staver, C; Guharay, F; Monterroso, D; Muschler, RG. 2001. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America *Agroforestry systems* 53(2):151-170.
- Steffan-Dewenter, I; Kessler, M; Barkmann, J; Bos, MM; Buchori, D; Erasmi, S; Faust, H; Gerold, G; Glenk, K; Gradstein, SR. 2007. Tradeoffs between income, biodiversity, and ecosystem functioning during tropical rainforest conversion and agroforestry intensification *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(12):4973-4978.
- Susaña, S. 2012. Diagnóstico de pobreza de los hogares cafetaleros de la República Dominicana. Ed. Café., CCDd. Santo Domingo, República Dominicana,
- Tapia-Polanco, Y; Pulido-Blanco, VC. 2020. Curva de rarefacción para la riqueza de especies de plantas en el dosel de sombra de los sistemas agroforestales de café en República Dominicana. . (EstimateSwin910.exe).

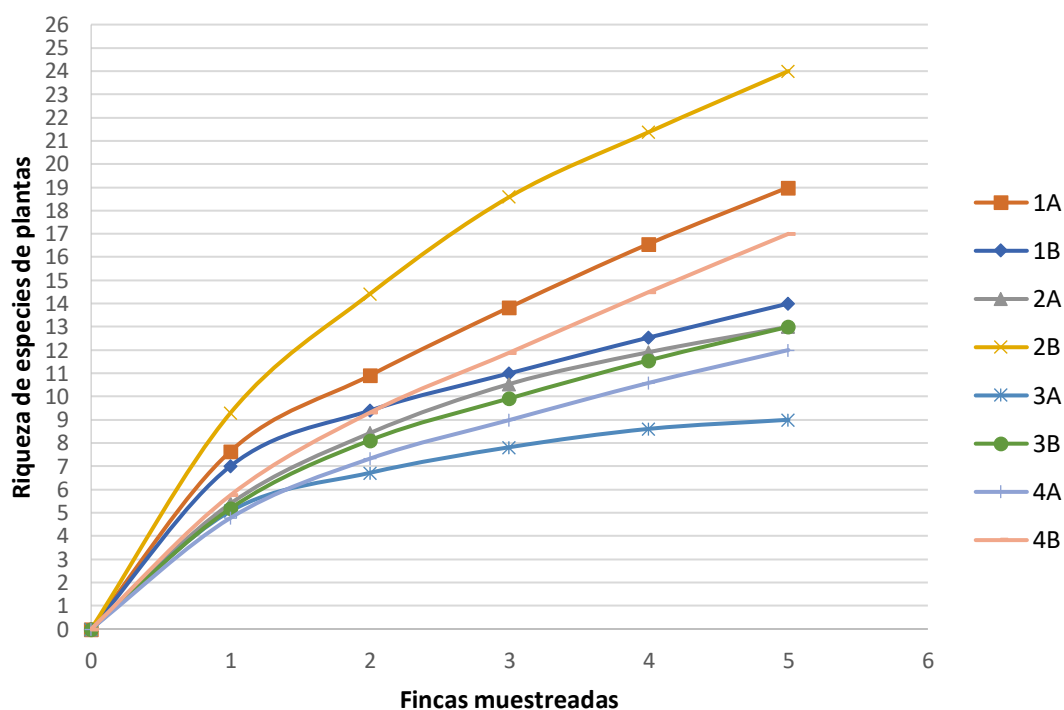
- Tejeda-Cruz, C; Sutherland, WJ. 2004. Bird responses to shade coffee production. *In*. Animal Conservation Forum. Cambridge University Press. p. 169-179.
- toolbox, Cac. 2019. Herramienta para medición de la sombra "HabitApp". Aplicación móvil que ayuda a proporcionar una lectura instantánea de la cantidad de sombra presente en el café p. Disponible en <https://toolbox.coffeeandclimate.org/es/tools/habitapp-shade-measurement-tool/>
- Toral, B. 2020. La sombra, su manejo y la sostenibilidad del agroecosistema cafetero en la Región Enriquillo. Ed. INDOCAFE. Editora Corripio, (Foro Cafetero).
- Tscharntke, T; Klein, AM; Kruess, A; Steffan-Dewenter, I; Thies, C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity–ecosystem service management Ecology letters 8(8):857-874.
- Vaast, P; Bertrand, B; Perriot, JJ; Guyot, B; Genard, M. 2006. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions Journal of the Science of Food and Agriculture 86(2):197-204.
- VALUES. 2019. Reseñas sobre servicios ecosistémicos Ed. Desarrollo, CAa. Disponible en http://www.aboutvalues.net/es/ecosystem_services/
- Villareyna, R; Virginio, E; Jones, C; Florián, E; Soto, G; Astorga, C. 2017. Acciones para fortalecer la adaptación y mitigación del cambio climático en el sector cafetalero de Costa Rica. Ed. USAID. Costa Rica, (PROCAGICA).
- Vyas, MB; Shah, SK. 2016. Review on nutritional and medicinal values of " *Carica papaya*" Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 5(4):284.
- Wanasundera, J; Ravindran, G. 1992. Effects of cooking on the nutrient and antinutrient contents of yam tubers (*Dioscorea alata* and *Dioscorea esculenta*) Food Chemistry 45(4):247-250.
- Weiher, E; Keddy, P. 2001. Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats. Cambridge University Press.
- Wulan, YC; Budidarsono, S; Joshi, L. 2008. Economic analysis of improved smallholder rubber agroforestry systems in West Kalimantan, Indonesia-implications for rubber development. *In*. Sustainable sloping lands and watershed management conference. Luang Prabang, Lao PDR. p.
- Wunderle Jr, JM. 1999. Avian distribution in Dominican shade coffee plantations: Area and habitat relationships (Distribución de Aves en Algunas Plantaciones de Café de Sombra en la República Dominicana: Relaciones Entre Área y Habitat) Journal of Field Ornithology:58-70.
- Zapata Arango, PC. 2019. Composición y estructura del dosel de sombra en sistemas agroforestales con café de tres municipios de Cundinamarca, Colombia *Ciência Florestal* 29(2):685-697.
- Zimmerer, KS. 2007. Agriculture, livelihoods, and globalization: The analysis of new trajectories (and avoidance of just-so stories) of human-environment change and conservation Agriculture and Human Values 24(1):9-16.

ANEXOS

Anexo 1. Número de individuos por uso y por tipo de SAFC

	TIPO DE SAFC	USOS			Total general
		F	M	S	
1		475	9	54	538
2		302	17	93	412
3		772	5	76	853
4		442	17	75	534
Total general		1991	48	298	2337

Anexo 2. Curva de acumulación de especies de plantas en el dosel de sombra de acuerdo con tipos y altitudes de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: ([Tapia-Polanco & Pulido-Blanco 2020](#)).



A. Alto (fincas ubicadas a más de 800 msnm) B. Bajo (fincas ubicadas a menos de 800 msnm).

Anexo 3. Especies de plantas y sus usos identificados de los sistemas agroforestales de café en cuatro áreas de cultivo de café de República Dominicana

No. Especie	Nombre científico	Frecuencia relativa	Abundancia relativa	Uso principal	Uso secundario	Tipos de SAFC				
						C1	C2	C3	C4	
1	<i>Inga vera</i> Willd	95,00	9,67	S	L		X	X	X	X
2	<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	70,00	3,03	F			X	X	X	X
3	<i>Erythrina poeppigiana</i> L.	30,00	1,24	S			X	X	X	
4	<i>Hura crepitans</i> L.	2,50	0,08	S	L		X			
5	<i>Persea americana</i> Mill	47,50	2,09	F			X	X	X	X
6	<i>Musa sapientum</i> L.	92,5	77,66	F			X	X	X	X
7	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	10,00	0,34	M	L		X	X	X	
8	<i>Solanum torvum</i>	2,50	0,04	F			X			
9	<i>Cedrea odorata</i> L.	10,00	0,42	M			X			X
10	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	10,00	0,25	M	L		X	X	X	
11	<i>Cassia spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwing & Barneby	2,50	0,04	S	M		X			
12	<i>Pinus caribaea</i> Morelet	2,50	0,21	M	L		X			
13	<i>Mangifera indica</i> L.	12,50	0,34	F			X	X		X
14	<i>Annona muricata</i> L.	5,00	0,08	F			X			
15	<i>Carica papaya</i> L.	2,50	0,08	F			X			
16	<i>Ricinus communis</i> L.	2,50	0,04	S	Me		X			
17	<i>Swietenia mahagoni</i> L.	2,50	0,04	M			X			
18	<i>Cecropia peltata</i> L.	10,00	0,17	S			X	X		
19	<i>Guazuma tomentosa</i> H.B.K.	2,50	0,04	S	Me		X			
20	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	2,50	0,04	F			X			
21	<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	2,50	0,04	F			X			
22	<i>Spondias mombin</i> L.	5,00	0,08	S	L		X			

23	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	5,00	0,17	F		X		X
24	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr & L.M.Perry	2,50	0,04	F		X		
25	<i>Prunus occidentalis</i> Sw.	2,50	0,04	M			X	
26	<i>Colubrina glandulosa</i> var. <i>Antillana</i> (M.C. Johnst.)	2,50	0,04	M			X	
27	<i>Ficus spp</i> Mill.	2,50	0,04	S			X	
28	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.)	7,50	0,12	S	L		X	
29	<i>Bixa orellana</i> L.	2,50	0,04	F	Me		X	
30	<i>Acaccia cucuyo</i> Mill.	2,50	0,08	S			X	
31	<i>Simarouba glauca</i> Aubl.	7,50	0,21	M	L		X	X
32	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	2,50	0,04	F			X	
33	<i>Zanthoxylum</i> <i>elephantiasis</i> Macfad.	2,50	0,04	M	L		X	
34	<i>Annona reticulata</i> L.	2,50	0,04	F			X	
35	<i>Cecropia adonepus</i> Mart. Ex Miq.	7,50	0,21	S			X	X
36	<i>Inga fagifolia</i> (L.) Willd.	10,00	0,38	S			X	X
37	<i>Ocotea coriacea</i> (Sw) Griseb.	7,5	0,12	M	L		X	X X
38	<i>Pithecellobium dulce</i> Mart.	2,50	0,04	S	L		X	
39	<i>Theobroma cacao</i> L.	7,50	0,21	F			X	X
40	<i>Zanthoxylum flavum</i> Vahl	2,50	0,04	M	S		X	
41	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) Dc.	2,50	0,04	S	Me		X	
42	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	5,00	0,29	F				X
43	<i>Roystonea hispaniolana</i> Bailey.	10,00	0,25	S				X X
44	<i>Artocarpus communis</i> J.R.Forst. & G.Forst.	2,50	0,04	F				X

45	<i>Trema micrantha</i> (Roem. & Schult.) Blume	2,50	0,04	S	L		X	
46	<i>Catalpa longissima</i> (Jacq.) Dum. Cours.	5,00	0,21	M				X
47	<i>Psidium guajava</i> L.	5,00	0,25	F				X
48	<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betcher	2,50	0,08	F				X
49	<i>Tamarindus indica</i> L.	2,50	0,04	F				X
50	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam.) Urb.	2,50	0,04	S				X
51	<i>Cocos nucifera</i> L.	2,50	0,04	F				X
52	<i>Cassia emarginata</i> L.	2,50	0,04	S			X	
53	<i>Swietenia macrophylla</i> King	2,50	0,04	M			X	
54	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	2,50	0,04	M	L		X	
55	<i>Cupania americana</i> L.	2,50	0,08	M	L			X
56	<i>Trema lamarckiana</i> (Roem. & Schult.) Blume	2,50	0,04	S			X	
57	<i>Musa paradisiaca</i> L.	2,50	0,51	F				X
58	<i>Citrus paradisi</i> Macfad.	7,50	0,42	F		X	X	X

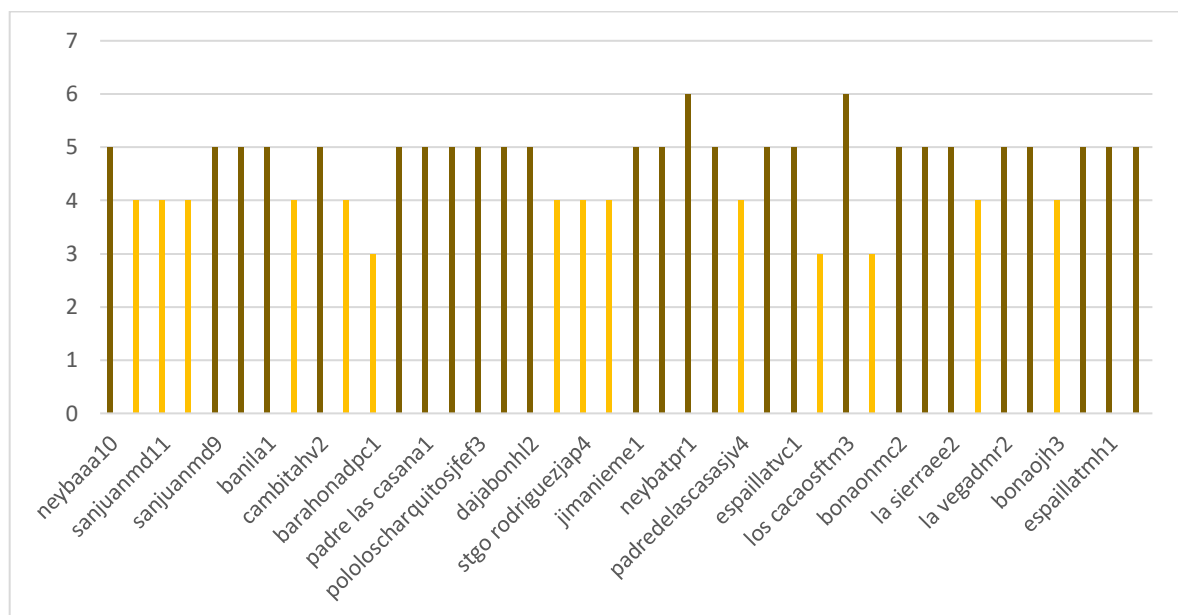
Frecuencia relativa porcentaje de sistemas agroforestales de café (N=40) donde las especies (N=58) fueron identificadas.

Abundancia relativa porcentaje de individuos de las especies con respecto a la abundancia total de plantas (N=2,337).

Tipos de SAFC grupos de sistemas agroforestales de café donde las especies fueron identificadas.

C1 Regionales sur, suroeste, central y sureste, provincias Bahoruco, Barahona, San Juan de la Maguana, Peravia y San Cristóbal, *C2* Regionales suroeste, sur, central y noroeste, provincias Azua, Barahona, San José de Ocoa, Dajabón y Santiago Rodríguez, *C3* Regionales suroeste, sur, noroeste, sureste y norte, provincias Azua, Bahoruco, Independencia, Barahona, Dajabón, San Cristóbal y Santiago de los Caballeros, y *C4* Regionales norcentral y norte, provincias La Vega, Monseñor Nouel, Espaillat y Santiago de los Caballeros. *F* frutas, *M* madera, *S* árboles de servicio, *Me* medicinal y *L* leña. Fuente: elaboración propia.

Anexo 4. Vulnerabilidad al cambio climático en unidades productivas cafetaleras de República Dominicana



Anexo 5. Precios consultados de la madera en pies cúbicos en República Dominicana

Cantidad	Unidad	Descripción en pies lineales	Precio Unitario RD\$ con impuestos incluido	Monto RD\$	Pies cúbicos	Monto RD\$ en ft3	Monto unitario RD\$ en ft3	Tasa de peso dominicano a dólar estadounidense al día de la cotización	Monto unitario US\$ en ft3
5	und	Pino Amer. Bruto tratado 1x6x10	3289,41	16447,05	60	274,12	54,82	0,018	0,99
5	und	Pino Amer. Bruto tratado 1x8x10	4285,67	21428,35	80	267,85	53,57	0,018	0,96
5	und	Pino Amer. Bruto tratado 1x6x12	4097,02	20485,10	72	284,52	56,90	0,018	1,02
5	und	Pino Amer. Bruto tratado 1x8x12	5334,98	26674,90	96	277,86	55,57	0,018	1,00
5	und	Pino Amer. Bruto tratado 2x6x10	5824,26	29121,30	120	242,68	48,54	0,018	0,87
5	und	Pino Amer. Bruto tratado 2x6x12	6985,58	34927,90	144	242,55	48,51	0,018	0,87
5	und	Pino Amer. Bruto tratado 2x8x10	7545,6	37728,00	160	235,80	47,16	0,018	0,85
5	und	Pino Amer. Bruto tratado 2x8x12	9060,61	45303,05	192	235,95	47,19	0,018	0,85
								Promedio	0,93

Anexo 6. Cotización precios de la madera en pies cúbicos

Cotización					No. : 34824		
Para: A QUIEN PUEDA INTERESARLE			Sucursal:		BOSQUESA FERRETERIA (11)		
Atención A:			Vendedor:		TIENDA MADERAS (31)		
Teléfono:			Fecha Cotización:		27/05/2020		
Email:			Fecha Vencimiento:		26/06/2020		
Fax:			Forma Pago:				

Cantidad	Unidad	Descripción	Precio Unitario	% Desc.	Monto Descuento	ITBIS	Exento	Monto
50.00	UND	PINO AMER. BRUTO TRATADO 1X6X10	328.94	0.00	0.00	2,960.47	☐	16,447.05
50.00	UND	PINO AMER. BRUTO TRATADO 1X8X10	428.57	0.00	0.00	3,857.10	☐	21,428.33
50.00	UND	PINO AMER. BRUTO TRATADO 1X6X12	409.70	0.00	0.00	3,687.32	☐	20,485.13
50.00	UND	PINO AMER. BRUTO TRATADO 1X8X12	533.50	0.00	0.00	4,801.48	☐	26,674.88
50.00	UND	PINO AMER. BRUTO TRATADO 2X6X10	582.43	0.00	0.00	5,241.83	☐	29,121.30
50.00	UND	PINO AMER. BRUTO TRATADO 2X6X12	698.56	0.00	0.00	6,287.02	☐	34,927.88
50.00	UND	PINO AMER. BRUTO TRATADO 2X8X10	754.56	0.00	0.00	6,791.04	☐	37,728.00
50.00	UND	PINO AMER. BRUTO TRATADO 2X8X12	906.06	0.00	0.00	8,154.55	☐	45,303.08
Total :		8						

Observación :829-907-6726	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Subtotal</td> <td>232,115.63</td> </tr> <tr> <td>Descuento</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>ITBIS</td> <td>41,780.81</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>RD\$273,896.44</td> </tr> </table>	Subtotal	232,115.63	Descuento	0.00	ITBIS	41,780.81	Total	RD\$273,896.44
Subtotal	232,115.63								
Descuento	0.00								
ITBIS	41,780.81								
Total	RD\$273,896.44								

Anexo 7. Indicadores socioeconómicos incluido el valor de la madera en los tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana

Indicadores socioeconómicos ^a	Tipologías				FR	F	P
	C1 <i>Media ± E.E</i>	C2 <i>Media ± E.E</i>	C3 <i>Media ± E.E</i>	C4 <i>Media ± E.E</i>			
IB (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	2272,57 ± 554,11a	2322,01 ± 755,60a	1624,58 ± 380,00a	2841,53 ± 823,80a	na	0,75	0,5320
IN (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	1004,23 ± 589,92a	1154,38 ± 633,52a	734,84 ± 333,98a	1889,89 ± 863,60a	na	0,74	0,5353
FE (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	1025,41 ± 594,24a	1192,29 ± 631,05a	741,89 ± 332,03a	1894,13 ± 861,81a	na	0,58	0,6291
VA (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	819,57 ± 260,02a	343,91 ± 156,41ab	318,22 ± 156,41b	128,15 ± 49,19b	na	3,93	0,0161
BF (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	1844,98 ± 587,99a	1536,20 ± 727,11a	1060,11 ± 475,67a	2022,27 ± 851,37a	na	0,68	0,5721
CEF (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	1247,16 ± 339,29a	1129,72 ± 389,34a	882,69 ± 174,66a	947,41 ± 214,03a	na	0,04	0,9900
CE (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	42,34 ± 30,12	94,78 ± 66,66	35,25 ± 13,90	42,37 ± 0,00	0,30	na	na
MP valor (US\$ ha ⁻¹)	1674,98 ± 0,00	2291,32 ± 1506,06	2794,91 ± 0,00	2538,74 ± 1959,45	0,20	na	na

Fuente: elaboración propia.

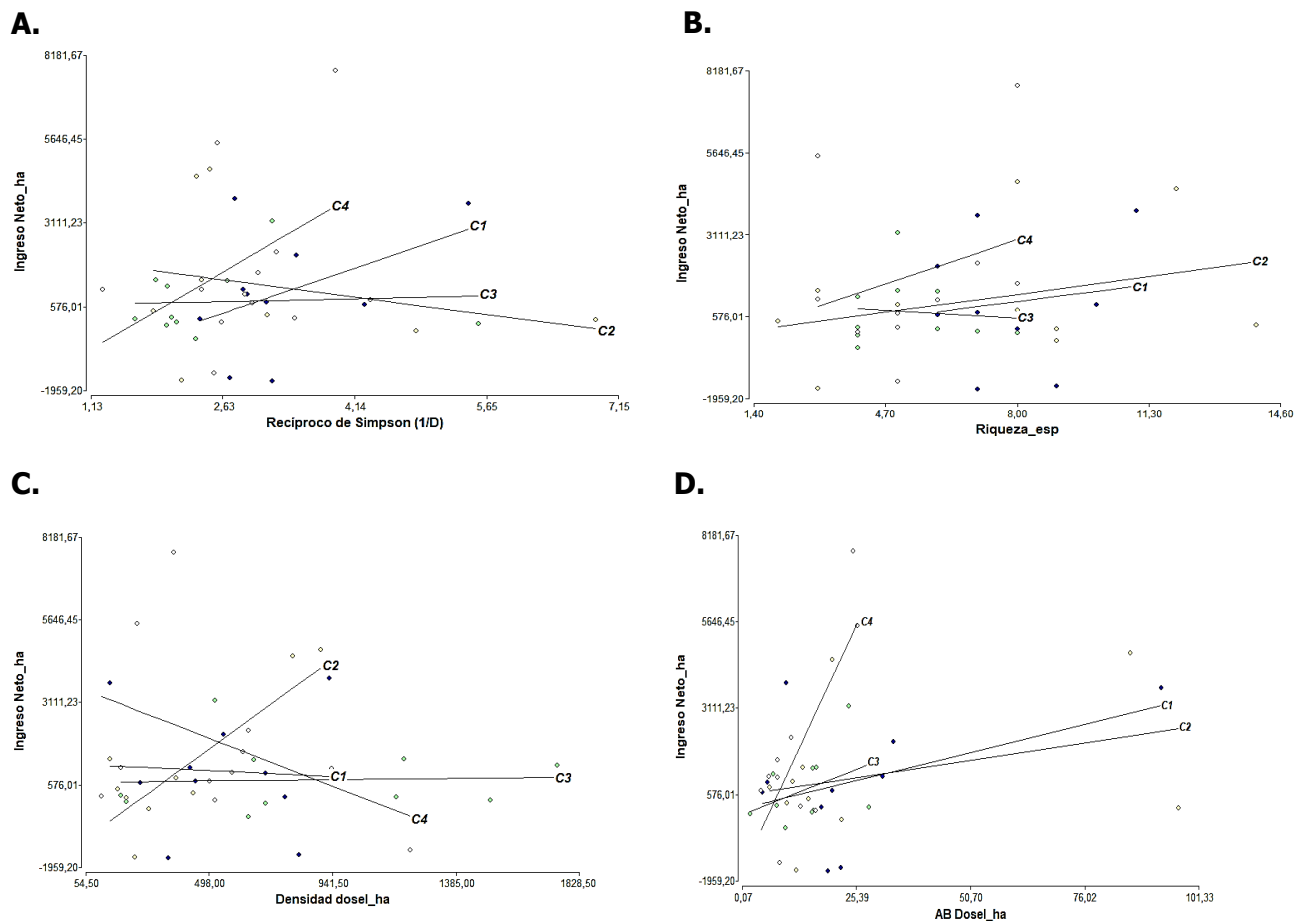
Letras diferentes dentro de una fila indican diferencias significativas entre tipos de SAFCs (LSD Fisher, $p < 0,05$).

IB: ingresos brutos, IN: ingresos netos, FE: flujo de efectivo, VA: valor de autoconsumo, BF: beneficio familiar, CEF: costos en efectivo, CE: costos en especie, DLF: número de días laborales invertidos por miembros de la familia, BFDL: beneficio de la familia por día laboral, MP: valor de la madera en pie, na: no aplica.

^aIndicadores socioeconómicos: suma de las contribuciones de café, banano, frutas y madera.

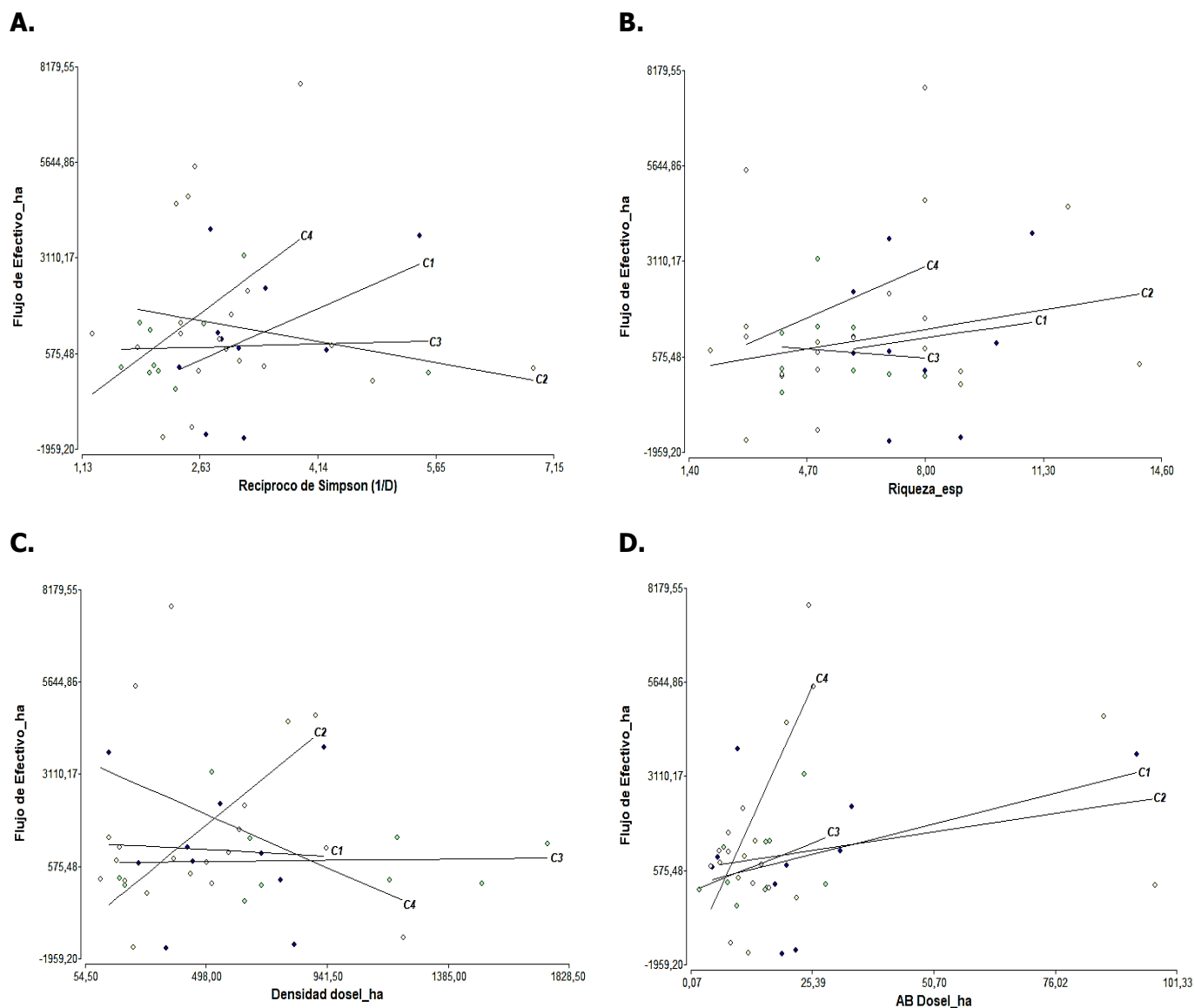
C1: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de frutales y plantas de café. C2: tamaño pequeño, alta densidad de árboles de servicio y maderables. C3: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de dosel de sombra y de bananos. C4: tamaño pequeño-moderado, alta densidad de árboles maderables y plantas de café.

Anexo 8. Relaciones entre ingreso neto incluido el valor de la madera y variables de diversidad botánica.



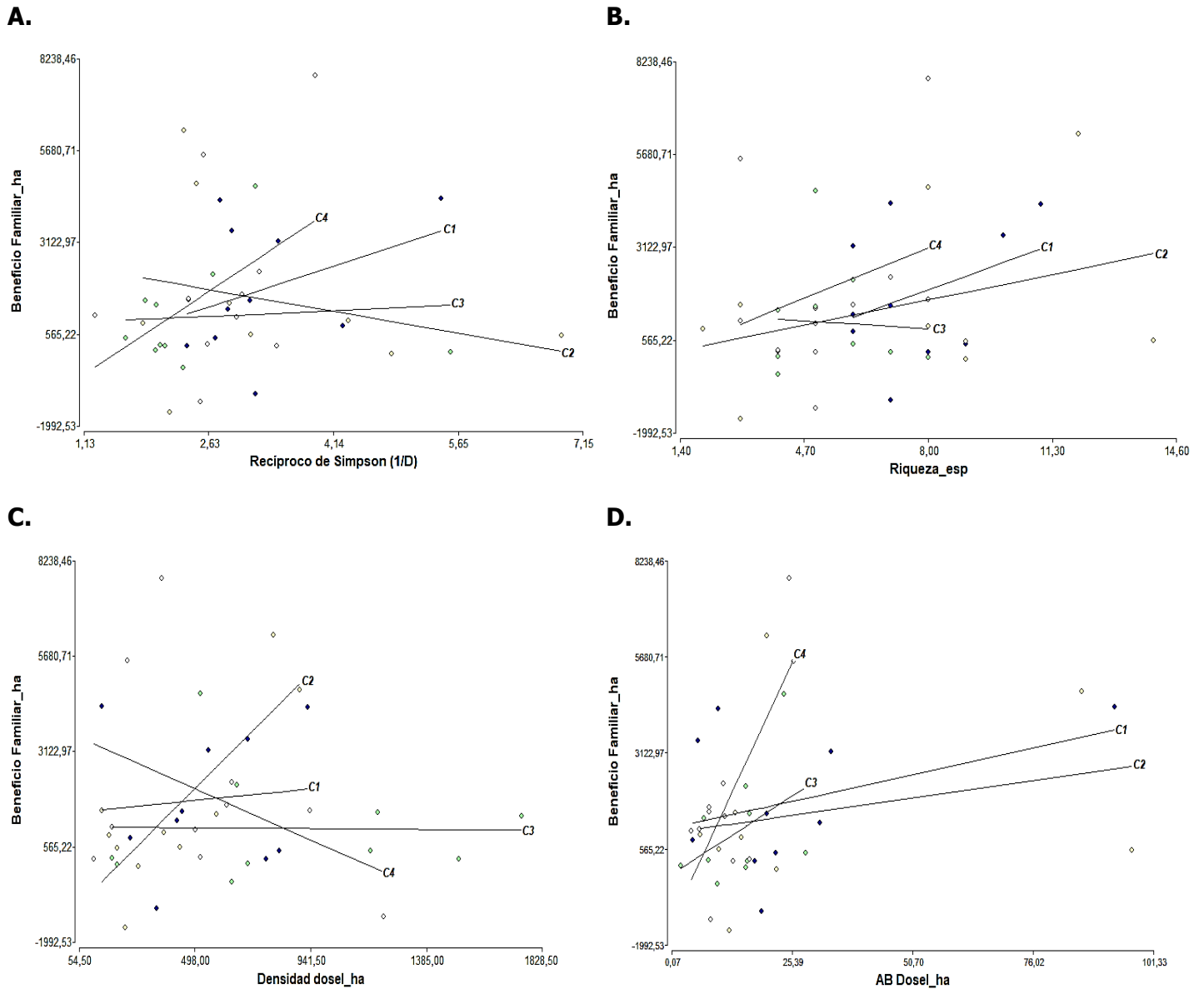
A. Índice recíproco de Simpson (1/D), B. Riqueza de especies arbóreas, C. Densidad dosel y D. Área basal dosel, en cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.

Anexo 9. Relaciones entre flujo de efectivo incluido el valor de la madera y variables de diversidad botánica.



A. Índice recíproco de Simpson (1/D), B. Riqueza de especies arbóreas, C. Densidad dosel y D. Área basal dosel, en cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República. Fuente: elaboración propia.

Anexo 10. Relaciones entre beneficio familiar incluido el valor de la madera y variables de diversidad botánica.



A. Índice recíproco de Simpson ($1/D$), B. Riqueza de especies arbóreas, C. Densidad dosel y D. Área basal dosel, en cuatro tipos de sistemas agroforestales de café en República Dominicana. Fuente: elaboración propia.

Anexo 11. Resumen de pruebas de hipótesis marginales utilizando modelo de regresión lineal general y mixto, incluido el valor de la madera para IN, FE y BF

Variable socioeconómica	Variable de biodiversidad	Covariable	Tipo de SAFC	Interacción (Covariable * Tipo de SAFC)	Coefficiente de determinación (R ²)
p-valor					
Ingreso Neto	Recíproco de Simpson	0,0075	0,0009	<0,0001	0,15
	Riqueza especies	0,3756	0,9758	0,8780	0,11
	Densidad Dosel	0,5146	0,0261	0,0233	0,29
	AB Dosel	0,0010	0,4122	0,0174	0,40
Flujo de Efectivo	Recíproco de Simpson	0,0599	0,0326	0,0229	0,16
	Riqueza especies	0,3930	0,9763	0,8737	0,11
	Densidad Dosel	0,8543	0,0354	0,0215	0,25
	AB Dosel	0,0011	0,3971	0,0174	0,39
Valor de Autoconsumo	Recíproco de Simpson	0,4034	0,1087	0,2745	0,15
	Riqueza especies	<0,0001	0,0002	<0,0001	0,30
	Densidad Dosel	0,0026	0,4233	0,0330	0,27
	AB Dosel	0,3524	0,0001	0,4810	0,20
Beneficio Familiar	Recíproco de Simpson	0,1876	0,4045	0,2775	0,14
	Riqueza especies	0,2338	0,9429	0,8655	0,13
	Densidad Dosel	0,2801	0,0435	0,0231	0,28
	AB Dosel	0,0020	0,3200	0,0390	0,33

Covariable variable de biodiversidad botánica

Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de salidas de InfoStat ([Di Rienzo et al. 2020](#)).

