

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias de la Vida

Rediseño con enfoque agroecológico de un sistema de producción de cacao en una zona de bosque húmedo tropical en la provincia de Manabí

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniera Agrícola y Biológica

Presentado por:

Lizbeth Patricia Caicedo Barrera

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

Con profundo orgullo dedico este trabajo a mis padres por haber sido ejemplo de responsabilidad y convicción a lo largo de mi formación académica. Y a mi tía, Yolanda Barrera, cuya memoria siempre será modelo a seguir para mi vida profesional y personal.

A su continuo amor y apoyo debo la culminación de este trabajo, y la confianza para desafiarme y alcanzar mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la PhD. María Isabel Jiménez y MSc. Malena Torres por su guía durante el desarrollo de este trabajo.

A los profesores de la carrera de Ing. Agrícola y Biológica y a las amistades que forje a lo largo de mi recorrido en ESPOL, por haber contribuido a mi formación académica e inculcado este amor y orgullo por mi carrera.

Finalmente, a mis compañeras de proyecto Multidisciplinario de la carrera de Economía.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Lizbeth Patricia Caicedo Barrera* doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Lizbeth Patricia Caicedo Barrera

EVALUADORES

Ma. Isabel Jiménez Feijoo PhD.

PROFESOR DE LA MATERIA

Malena Torres Ulloa MSc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Ecuador es uno de los principales productores de cacao con atributos especiales, con una tendencia de oferta y demanda anual creciente. Sin embargo, su producción puede resultar retadora para cacaotales de pequeña escala como la finca Armadillo en los bosques húmedos de Manabí. Maneja un sistema agroforestal mixto de 12 ha con baja producción de cacao Nacional orgánico (2qq/año), limitado por una distribución no uniforme de especies de servicio y problemas fitosanitarios (32-49% de incidencia). El rediseño de este sistema de producción busca mejoras en rentabilidad, bajo los lineamientos de la normativa BPA.

El proyecto se llevó a cabo en tres etapas: primero, el diagnóstico de la finca que reveló problemas fitosanitarios como limitante de producción, interacciones desfavorables para el cultivo principal y el interés del productor de conservar biodiversidad.

A continuación, la etapa de análisis del dosel, donde se detectó una cobertura de sombra inadecuada para la fenología y edad del cacao, y no conforme con la normativa BPA. Se planteó un dosel mixto y uno productivo para una sombra estratificada, que además genere bienes y servicios. Finalmente, en la etapa de rediseño se simuló configuraciones espaciales y se evaluó su impacto ecosistémico y económico.

La implementación de un SAF – productivo se ajusta a las condiciones jurídicas y de producción de la fundación Arbofino, por la diversificación de ingresos e integración de especies que apoyan la nutrición del cultivo y manejo de enfermedades. La propuesta de un SAF – mixto tiene el potencial de ajustarse a pequeños productores, sin personal contratado.

Palabras Clave: Sistema agroforestal, Cacao Nacional, BPA, servicios ecosistémicos

ABSTRACT

Ecuador is one of the main producers of cocoa with special attributes, with a trend of increasing annual supply and demand. However, its production can be challenging for small-scale cocoa farms such as the Armadillo farm in the humid forests of Manabí. It manages a mixed agroforestry system of 12 ha with low production of National organic cocoa (2qq/year), limited by a non-uniform distribution of service species and phytosanitary problems (32-49% incidence). The redesign of this production system seeks improvements in profitability, under the guidelines of GAP regulations.

The project was carried out in three stages: first, the farm diagnosis, which revealed phytosanitary problems as a production limiting factor, unfavorable interactions for the main crop, and the producer's interest in conserving biodiversity.

This was followed by the canopy analysis stage, where shade cover was found to be inadequate for the phenology and age of the cocoa, and not in compliance with GAP regulations. A mixed and a productive canopy were proposed for a layered shade, that also generates goods and services. Finally, in the redesign stage, spatial configurations were simulated and their ecosystemic and economic impact was evaluated.

The implementation of a SAF - productive fits the legal and production conditions of the Arbofino Foundation, due to the diversification of income and the integration of species that support crop nutrition and disease management. The proposal of a SAF - mixed has the potential to adjust to small producers, with no hired personnel.

Keywords: *Agroforestry system, National Cocoa, GAP, ecosystem services.*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	5
RESUMEN	6
<i>ABSTRACT</i>	7
ÍNDICE GENERAL	8
ABREVIATURAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE TABLAS	13
CAPÍTULO 1	14
1. Introducción.....	14
1.1. Descripción del problema	14
1.2. Justificación del problema	15
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo General.....	15
1.3.2. Objetivos Específicos.....	15
1.4. Marco teórico	16
1.4.1. Cacao ecuatoriano.....	16
1.4.2. Tipologías de los sistemas agroforestales de cacao	18
1.4.3. Sistema agroforestal de sombra productiva	18
1.4.4. Diagnóstico y diseño de sistemas agroforestales.....	20
1.4.5. Evaluación del dosel	22
1.4.6. Servicios ecosistémicos	24
1.4.7. Certificaciones	25
CAPÍTULO 2	28
2. Metodología.....	28
2.1. Localización del sitio de estudio	28

2.2.	Etapa 1: Diagnóstico de la finca	29
2.3.	Etapa 2: Análisis y mejoramiento del dosel	31
2.4.	Etapa 3: Rediseño de sistema de producción.....	32
2.4.1.	Propuestas de rediseño	32
2.4.2.	Análisis ex ante.....	32
2.4.3.	Evaluación de conformidad de la normativa orgánica CE y BPA	35
CAPÍTULO 3		36
3.	Resultados Y ANÁLISIS	36
3.1.	Etapa 1: Diagnóstico de la finca	36
i.	Biofísico y de paisaje	36
ii.	Agroforestal y socioeconómico	39
3.3.	Etapa 2: Análisis y mejoramiento del dosel	42
i.	Análisis del dosel	42
ii.	Bienes y servicios del dosel	42
3.5.	Etapa 3: Rediseño del sistema de producción.....	45
3.5.2.	Primera propuesta de rediseño – SAF Mixto.....	46
3.5.4.	Segunda propuesta de rediseño – SAF productivo	47
3.5.8.	Análisis Ex ante	50
3.5.10.	Evaluación de conformidad de la normativa orgánica CE y BPA	54
CAPÍTULO 4		55
Conclusiones Y Recomendaciones		55
Conclusiones		55
Recomendaciones		55
BIBLIOGRAFÍA		57
APÉNDICES		61

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
BPA	Buenas Prácticas Agrícolas
CE	Certificación Orgánica Europea
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
UET	Uso equivalente de tierra
SAF	Sistema agroforestal

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Evolución de la producción de cacao en el Ecuador en miles de toneladas métricas, 2014-2018. Fuente: ANECACAO, 2019.	18
Figura 1.2 Tendencia típica del desarrollo de la sombra de una plantación forestal uniforme dentro de una plantación de cacao. Fuente: CATIE.....	19
Figura 1.3 Desarrollo y aprovechamiento de una plantación forestal no uniforme dentro de una plantación de cacao. Fuente: CATIE	20
Figura 1.4 Pasos y herramientas para el diagnóstico de un sistema agroforestal de cacao. Fuente: CATIE.	21
Figura 1.5 Herramientas para el diseño de un sistema agroforestal de cacao. Fuente: CATIE.	22
Figura 1.6.- Análisis de sombra sobre perfil vertical (A) y distribución horizontal (B) del dosel de una plantación. Fuente: Wesam El-Bardisy, 2014.....	24
Figura 1.7 Proceso general para la adquisición de una certificación. Fuente: FAO.	25
Figura 1.8 Logos de certificaciones orgánicas nacionales e internacionales.	27
Figura 2.1 Metodología del rediseño de un sistema agroforestal para la producción de cacao orgánico.....	28
Figura 2.2 Ubicación de la finca Armadillo (pin amarillo) en el cantón Pichincha (rojo). Fuente: Google Earth Pro.....	29
Figura 2.3 Muestras de alta (azul) y baja (amarillo) densidad de especies de servicio.	30
Figura 3.1 Análisis de superficie de la finca (ha)	37
Figura 3.2 Mapa del diseño actual de la finca Armadillo. Elaborado por: Autor.	38
Figura 3.3 Estado actual de las parcelas de cacao.....	38
Figura 3.4 Contraste de factores limitantes de la productividad entre parcelas de distribución uniforme y no uniforme.....	39
Figura 3.5 Mazorcas con síntomas de Monilia (<i>Moniliophthora roreri</i>) en árboles y sobre la hojarasca.....	40
Figura 3.6 Estimación de porcentaje de cobertura de superficie de zonas de distribución no uniforme y distribución uniforme de plantas de cacao.	42
Figura 3.7 Configuración espacial del agroecosistema conformado por: cacao, melina y guaba (A). Y cacao, Fernán Sánchez, nuez de macadamia y matarratón (B).	45

Figura 3.8 Producción de SAF - productivo: nuez de macadamia (en concha) y cacao (en grano seco). Fuente: <i>Australian Macadamia Society Limited</i>	48
Figura 3.9 Contraste de beneficios ecosistémicos y agronómicos de los sistemas de producción propuestos y el actual: Fijación de carbono, Uso equivalente de suelo y Cobertura máxima de sombra.	51
Figura 3.10 Contraste del rendimiento estimado de las propuestas, por año de implementación, bajo un escenario optimista y pesimista.	52
Figura 3.11 Resumen de flujo de caja. Elaborado por: Autor.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Comparación de los tipos Criollo y Forastero, a nivel genético y de campo. Fuente: CEDAF, República Dominicana.....	16
Tabla 2.1 Criterios para la selección de especies para propuestas de rediseño.....	32
Tabla 3.1 Caracterización climática del cantón Pichincha, Manabí. Fuente: CONELEC – Atlas Solar y Sistema de información – FAO. Elaboración: GADMCP.....	36
Tabla 3.2 Interacciones de los componentes del agroecosistema con el cacao. Donde: 0: sin efecto; -1: Interacción negativa: competencia; -2: Interacción negativa (alelopatía); 1-2: Interacción positiva (sombra, microclima, protección, etc.).....	41
Tabla 3.3 Características de las especies seleccionadas para conformar las propuestas de rediseño	43
Tabla 3.4 Características de la distribución espacial para el agroecosistema conformado por guaba, melina y cacao.	46
Tabla 3.5 Características de la distribución espacial para el agroecosistema conformado por Fernán Sánchez, nuez de macadamia, matarratón y cacao.....	47
Tabla 3.6 Cronograma de actividades sugerido para implementar las propuestas de rediseño.	49
Tabla 3.7 Resultados de estimación de carbono almacenado por el sistema, y uso equivalente de tierra para la propuesta SAF -mixto: guaba+ melina + cacao; y SAF – productivo: Fernán Sánchez+ macadamia + matarratón+ cacao.....	50
Tabla 3.8 Indicadores de factibilidad. Elaborado por: Autor.....	53
Tabla 3.9 Cronograma referencial de labores principales de manejo. (S) especies de servicio, (C) Cacao.....	54

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador se caracteriza por producir cacao fino de aroma, liderando la producción del mercado mundial por sus características organolépticas. Asimismo, contribuye a la economía familiar con el 5% de la población económicamente activa nacional (PEA) y el 15% de la población económicamente activa rural de la zona costera y estribaciones montañosas de la Sierra y Amazonía.

A pesar de que la superficie sembrada ha aumentado a un 73.4% en los últimos años, este cultivo reporta bajos niveles de productividad, que sumado a la falta de políticas de fomento y apoyo a la producción lo convierten en un riesgo para los productores. Con una estratificación de unidades de pequeña (>20 has) y mediana escala (21-50 has) del 70% y 20%, respectivamente, las cuales se ven presionadas por optar por variedades de tipo CCN51 que generan mayor rentabilidad.

La reactivación del mercado de chocolates especiales ha coincidido con el nacimiento de un nuevo nicho para cacaos diferenciados por sus beneficios de carácter social y ambiental. Validados a través de certificaciones orgánicas, de comercio justo, Rain Forest Alliance y cacaos de origen-calidad. Ofreciendo así una oportunidad para mejorar la rentabilidad de este rubro, homogenizar la calidad del grano, su entrada a nuevos mercados y reducir impactos ambientales.

La distribución relativa de este según el tamaño de las UPAs sugiere que fincas de pequeña escala optan por su producción en asociación con otros cultivos, mientras que fincas de mayor escala (>21 ha) optan por cultivos de cacao puros. El presente documento propone rediseñar un sistema de producción que genere rentabilidad con la aplicación de este tipo de estrategias, según los requerimientos de la normativa BPA.

1.1. Descripción del problema

La fundación Arbofino, de la empresa Arbofiec S.A., posee cuatro fincas y una reserva natural, con proyectos comerciales y ecológicos en torno a una agricultura de

conservación y restauración de biodiversidad. Entre los cuales maneja 12 ha de cacao Nacional de 5 años en una plantación mixta dentro de la finca Armadillo, ubicada en el cantón Pichincha, en la provincia Manabí. En la actualidad, este no es rentable por su baja producción y posee limitado conocimiento sobre normativas orgánicas y de Buenas Prácticas Agrícolas para producción de cacao orgánico.

1.2. Justificación del problema

Por su alto costo de producción y productividad, este rubro resulta poco rentable para unidades de producción de pequeña y mediana escala frente al tipo CCN51. En África, la adopción de soluciones agroforestales para producción de cacao además de contribuir a la soberanía alimenticia y como respuesta al cambio climático, se emplea como estrategia para mejorar la economía de pequeños productores de cacao.

El adoptar un sistema agroforestal favorece el equilibrio dinámico del agroecosistema, proporcionando resiliencia económica con bajo impacto ambiental. Además de integrar principios agroforestales al rediseño, el proyecto propone la consideración de las normativas de Buenas Prácticas Agrícolas y Certificación Orgánica Europea para la conversión a un sistema de producción orgánico.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Rediseñar un sistema de producción de cacao, mediante el análisis de los componentes del agroecosistema, para el cumplimiento de normativas de certificación orgánica europea.

1.3.2. Objetivos Específicos

- I. Analizar el estado actual de la finca mediante el diagnóstico de los componentes del agroecosistema.
- II. Proponer alternativas de arreglos espaciales de la plantación para el fomento de la sostenibilidad.
- III. Plantear recomendaciones de manejo del cultivo para el cumplimiento de la normativa orgánica europea y Buenas Prácticas Agrícolas.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Cacao ecuatoriano

El cacao es un cultivo frutal nativo de las regiones tropicales de América, del cual se aprovechan sus semillas por su gran contenido de grasas (40-50%) y polifenoles (10% de peso del grano en seco) (Chang, y otros, 2014). Aunque es de carácter altamente minifundista, se han desarrollado avances tecnológicos enfocados en reproducción asexual como injertación y estacas enraizadas, y reproducción sexual, como embriogénesis somática (Chang, y otros, 2014). El alto costo de producción de este rubro motiva la búsqueda de variedades altamente precoces y productivas.

A nivel genético, la producción mundial se enfoca en dos subespecies: *cacao*, o Criollo, y *sphaerocarpum*, o Forastero. La subespecie cacao es conocida como Criollo, cuyos frutos son alargados y rugosos, con surcos profundos y almendras ovoides envueltas en cotiledones blancos o de rosa pálido (Tabla 1.1) (Batista, 2009). El cacao de tipo Criollo destaca por su calidad aromática y de sabor, siendo conocido por ello como cacao fino o de aroma o especial.

Tabla 1.1 Comparación de los tipos Criollo y Forastero, a nivel genético y de campo. Fuente: CEDAF, República Dominicana.

	Criollo	Forastero
Árbol	Débil y pequeño	Robusta y grande
Hojas	Grandes, color verde oscuro	Pequeñas, color verde claro
Mazorcas	Cundeamor y angoleta (formas)	Amelonado y calabacillo (forma)
Cascara	Fina y suave, de superficie rugosa	Gruesa y dura, de superficie lisa
Almendras	Blancas, rosado pálido y de forma redondeadas	Pigmentadas, violeta oscuro y de forma aplanada
Plagas	Susceptible	Tolerante
Encharcamiento	Tolerante	Susceptible
Sabor	Fino	Ordinario
Adaptación	Pobre y limitada	Alta

Según el INEC, el cacao es uno de los principales productos de exportación no petrolera del país (Sanchez, 2019). En el Ecuador se producen 2 tipos principalmente: CCN51, por ser altamente productivo, y Nacional o criollo, por sus características organolépticas. Sin embargo, la mayor parte del cacao exportado es el resultado de la mezcla de cacao tipo Nacional y Trinitario, denominado Complejo Tradicional (Guerrero, 2017).

La agroindustria ecuatoriana ha logrado posicionar este rubro en el mercado internacional, su producción se concentra en Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos. Esta se ha visto influenciada por la tendencia del consumidor de preferir productos orgánicos y de alta calidad. Forzando a las empresas exportadoras a caracterizar los parámetros fisicoquímicos de los granos, bajo las normas INEN y certificaciones (Chang, y otros, 2014).

Según datos de la Organización Internacional del Cacao, Ecuador es el primer productor de cacao fino de aroma a nivel mundial, pues satisface el 63% de la demanda internacional de este producto (Guerrero, 2017). En el 2017, el rendimiento nacional ponderado fue de 0.33 toneladas/ha de cacao Nacional y 0.65 toneladas/ha de cacao CCN51 (Sanchez, 2019). Las condiciones de clima son un factor determinante para incrementar el rendimiento de este rubro, ya que este condiciona la incidencia de plagas (Sanchez, 2019).

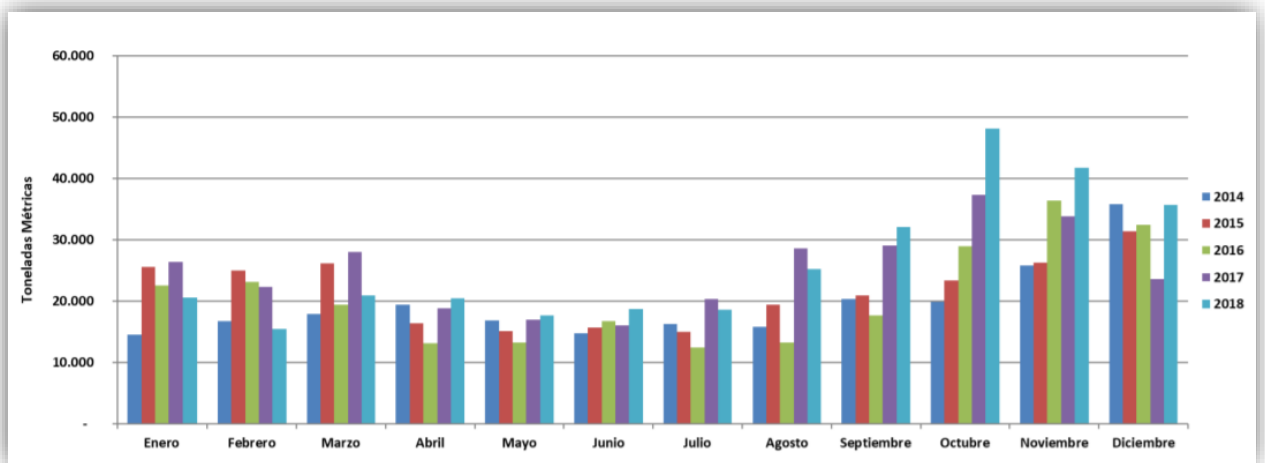


Figura 1.1 Evolución de la producción de cacao en el Ecuador en miles de toneladas métricas, 2014-2018. Fuente: ANECACAO, 2019.

1.4.2. Tipologías de los sistemas agroforestales de cacao

Se han identificado 6 tipologías de sistemas agroforestal para la producción de cacao:

1) cacao sin sombra, 2) cacao con sombra monoespecífica, hace referencia a la asociación de cacao con especies leguminosas de los géneros *Erythrina*, *Gliricidia*, *Inga* y *Albizia*; 3) cacao con especies de sombra productiva, hace referencia a las asociaciones para aprovechamiento maderable, no maderable (resinas), y frutales; 4) cacao con sombra mixta; 5) cacao rústico y 6) sistema agroforestal sucesional.

En los sistemas sin sombra, característicos de África Occidental y Sudamérica, la densidad y rendimiento quintuplica a las tipologías con sombra. Por el contrario, en los sistemas de sombra mixtos y de sombra productiva, comunes en Mesoamérica, existe mayor diversidad y promoción de servicios ecosistémicos, pero baja densidad y rendimientos de cacao.

Los sistemas rústicos se encuentran en el sur de Brasil, llamados “cabruacas”, tienen una alta diversidad de árboles, pero baja productividad de cacao. Por último, los sistemas agroforestales sucesionales encontrados en la Amazonia, tienen el aspecto de un bosque con alta diversidad de especies, baja densidad y rendimiento de cacao.

1.4.3. Sistema agroforestal de sombra productiva

Los sistemas para el aprovechamiento diversificado son recomendados por aumentar la sostenibilidad del agroecosistema a nivel económico, como una alternativa a la

producción intensiva. Destacan dos modelos: se siembran árboles de sombra previo a la plantación de cacao o se aprovechan los árboles en regeneración natural del área.

En el primer modelo (Figura 1.2), dada la uniformidad en la edad del componente leñoso se aprovecha en el turno de rotación, considerando el año de renovación de la plantación de cacao. De modo que, cuando el componente leñoso ha desarrollado su copa alcanza el máximo de sombra sobre el cacao, cuyo rendimiento disminuye en consecuencia. Sin embargo, mantener la densidad de árboles por debajo del mínimo, implica la pérdida de viabilidad económica del aprovechamiento de madera por hectárea.

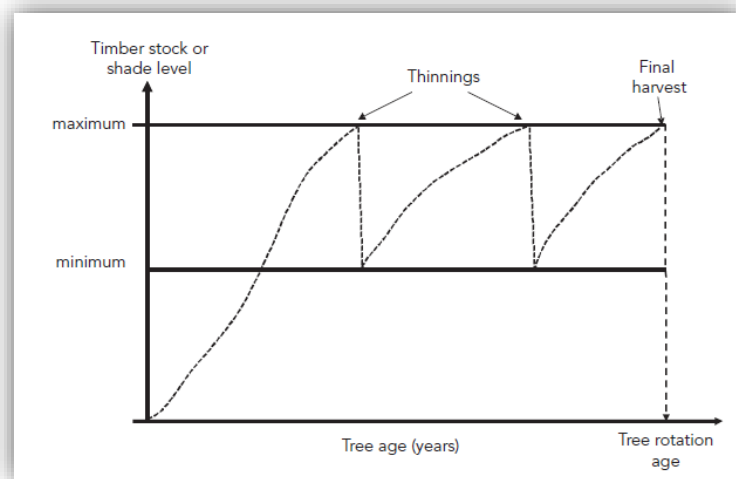


Figura 1.2 Tendencia típica del desarrollo de la sombra de una plantación forestal uniforme dentro de una plantación de cacao. Fuente: CATIE.

En el segundo modelo (Figura 1.3), la producción maderable es continua y su aprovechamiento ocurre durante el ciclo principal del cacao ya que el componente leñoso no tiene uniformidad en las edades. Se busca la reproducción de especies nativas y representativas de la vegetación local. Para el éxito de este sistema de producción es necesario un análisis de la dinámica poblacional del total de árboles, en edad y tamaño. Se consideran parámetros como el diámetro a la altura del pecho (DAP), tasa de crecimiento, mortalidad y tasas de cosecha, para proyectar el tamaño y estructura de la población en el tiempo.

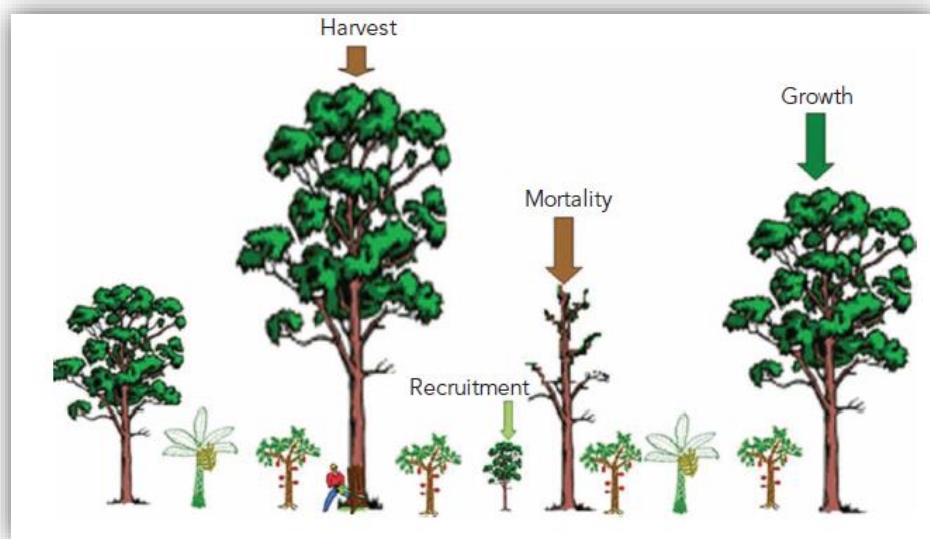


Figura 1.3 Desarrollo y aprovechamiento de una plantación forestal no uniforme dentro de una plantación de cacao. Fuente: CATIE

1.4.4. Diagnóstico y diseño de sistemas agroforestales

El diseño de una plantación corresponde a la etapa de planificación para alcanzar el objetivo del productor y un rendimiento sostenido, según las condiciones agroecológicas del sitio. Los sistemas diseñados pueden ser de gran complejidad, enriquecidos en especies, con diferentes estratos y arreglos espaciales y temporales. O simples, con baja diversidad de especies, y estructura enfocada en facilitar el manejo y aprovechamiento del cultivo.

Para que el diseño y manejo de un sistema agroforestal de cacao satisfaga los intereses del productor, se deben contrastar con la composición botánica, uso y abundancia de las plantas del dosel, y manejo de interacciones ecológicas.

Según la guía de trabajo presentada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, el análisis del sistema contempla cuatro pasos importantes: definición de objetivos, evaluación del cacaotal, evaluación de las condiciones del sitio y la evaluación de la oclusión del dosel sobre el cacao (Figura 1.4).

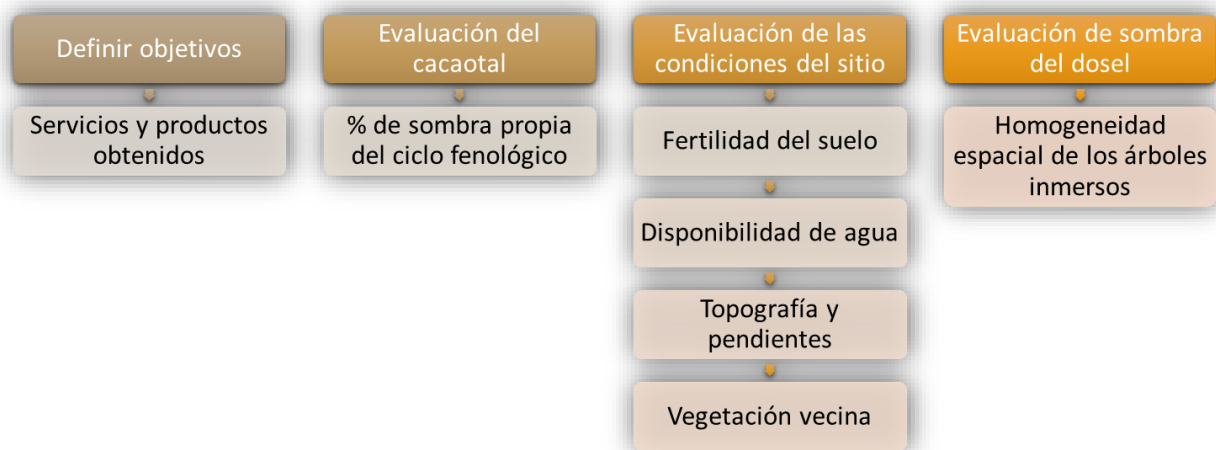


Figura 1.4 Pasos y herramientas para el diagnóstico de un sistema agroforestal de cacao.

Fuente: CATIE.

Para el diseño (Figura 1.5), se deben analizar las sinergias involucradas entre los componentes que conforman el agroecosistema, con el propósito de obtener un alto rendimiento en producción de cacao sin comprometer la biodiversidad de especies. Esto se puede realizar a través de un análisis de regresión lineal sobre los servicios ecosistémicos, configuraciones espaciales que consideren el área basal entre el cacaotal y el dosel de sombra o una simulación de los patrones de sombra e intercepción de luz. La diversidad y composición estructural y botánica de estos sistemas debe estar sujeta a las condiciones edafoclimáticas de la región.



Figura 1.5 Herramientas para el diseño de un sistema agroforestal de cacao. Fuente: CATIE.

Los diseños y manejo de SAFs para cacao pueden fallar por el inadecuado manejo de estratos y sombra, una distribución espacial no uniforme, manejo agronómico y silvicultural pobre y la incorrecta selección de especies en relación con el objetivo del productor.

1.4.5. Evaluación del dosel

Es común el uso de especies *Inga*, *Erythina* y *Gliricidia* como sombra permanente, y especies de rápido crecimiento y bajo estrato como musáceas y fréjol para sombra temporal. En algunos modelos, la sombra proviene de especies de regeneración natural plantadas o seleccionadas. En cualquier caso, se realizan arreglos para obtener una combinación de productos y servicios (i.e. fruta, fibra, madera), y reducir o minimizar gastos de producción.

Cada individuo en la plantación intercepta luz solar y proyecta sombra, según su densidad de copa y cronología de caducidad de las hojas, sobre los individuos de menor estrato. El conjunto individuos del dosel determinan la estratificación vertical, horizontal y composición botánico, productiva y funcional del dosel.

Edad de la plantación

Las plantas jóvenes requieren entre el 50-60% de sombra del dosel durante los primeros 2 años, hasta el desarrollo de sus copas; caso contrario su mortalidad aumenta por pérdida de agua. Para plantaciones establecidas, que no superen los 8 años, se reduce el nivel de sombra del dosel a 20-40%.

Ciclo fenológico

La captación de radiación solar es determinante en la etapa de floración y fructificación; de ser insuficiente hay menor producción mazorcas y de ser excesiva aumenta la mortalidad de los botones florales. El dosel debería estar provisto de varios estratos cuya sombra se sincronice con el ciclo fenológico del cacao. En sistemas monoespecíficos las especies de servicio deben ser podadas, descopadas y raleadas en dependencia de la etapa fenológica.

Mas en sistemas agroforestales, la capacidad de podar y ralear se limita a salvaguardar la producción, por lo que se seleccionan especies caducifolias que pierdan follaje durante la época en que el cacao requiere mayor intercepción de luz. Otra estrategia es la manipulación de raleos para lograr temporalmente la mayor apertura del dosel con menor pérdida de producción de fruta y madera.

Estratificación vertical del dosel

Se refiere a la distribución de copas en el perfil vertical del dosel, ya que diferentes alturas proyectan diferentes números de horas de sombra al día. Las especies de porte alto proporcionan menos horas de sombra ya que la proyección de sombra es más rápida; mientras que las de porte bajo proporcionan más horas de proyección de sombra (Figura 1.6 – (A)).

Distribución horizontal del dosel

Es la distribución de la cobertura de las copas buscando homogeneidad en las condiciones agroecológicas bajo las que crece el cacaotal. En los tipos de finca que emplean especies de regeneración natural, estas se seleccionan y eliminan para tener una cobertura uniforme, y reducir los parches con sombra excesiva (Figura 1.6 – (B)).

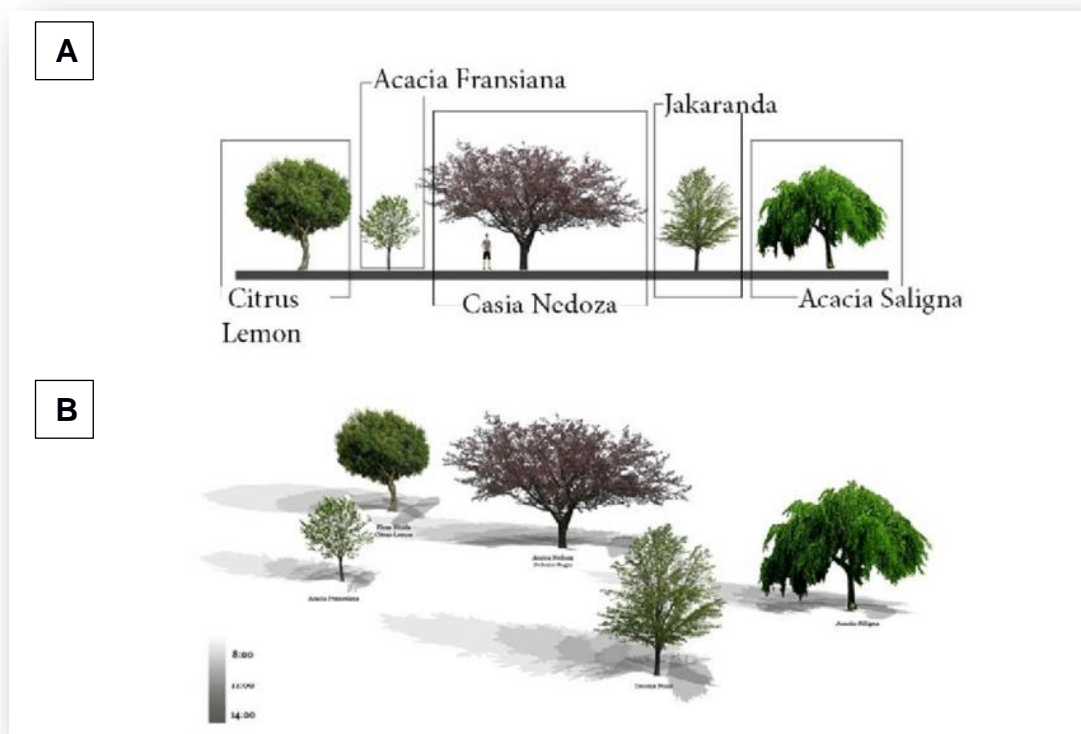


Figura 1.6.- Análisis de sombra sobre perfil vertical (A) y distribución horizontal (B) del dosel de una plantación. Fuente: Wesam El-Bardisy, 2014.

1.4.6. Servicios ecosistémicos

Los diseños agroforestales involucran árboles, especies de palmas, arbustos e inclusive hierbas gigantes, con el propósito de valorizar la propiedad. Además del valor económico por aprovechamiento, existe un valor ecológico por conservación de biodiversidad, fijación de carbono atmosférico, conservación de suelos y agua, entre otros.

Los sistemas agroforestales destinados a la producción de cacao son una oportunidad para mitigar el cambio climático; estos permiten la conservación de biodiversidad a nivel de lote y paisaje, protección del suelo a lo largo del año y almacenamiento de carbono en biomasa por encima y debajo de suelo.

Como resultado de estas asociaciones, se generan beneficios ecológicos, agronómicos y económicos con efectos sobre la sombra, nutrición vegetal, recirculación de nutrientes, incidencia de plagas y enfermedades, manejo agronómico y rendimiento.

1.4.7. Certificaciones

Certificación es la forma en que un tercero imparcial da garantía por escrito de que el producto, servicio o proceso cumple con un estándar según requisitos específicos.

Se consideran una ventaja comercial ya que no solo verifica la conformidad de un producto, sino que permite responder a las tendencias de consumo, con un precio diferenciado. Estas ventajas competitivas dependen del mercado y consumidor al que este enfocado, de manera general son: identificar y diferenciar el producto; dar credibilidad al trámite mediante la garantía de un organismo de certificación independiente de los intereses económicos en juego; crear valor agregado a todos los niveles de una cadena de producción determinada; posicionarse por ser mejor conocido y reconocido; ganar y/o conservar la confianza de los consumidores.

Simplificando el proceso (Figura 1.7): existe un organismo de certificación que tiene sus propias reglas de procedimiento y es totalmente imparcial. Este supone administrar un sistema de certificación, a través de un conjunto de actividades implementadas para evaluar la conformidad de un producto. Este organismo emite el certificado y licencia a un titular o beneficiario, la cual le otorga el derecho a marcar los productos, procesos o servicios que cumplan conformidad con el sistema de certificación.

La licencia autoriza al titular a utilizar los certificados y cualquier membrete o marca que haga referencia a la certificación, más un certificado mencionando el o los productos que fueron validados como conformes.

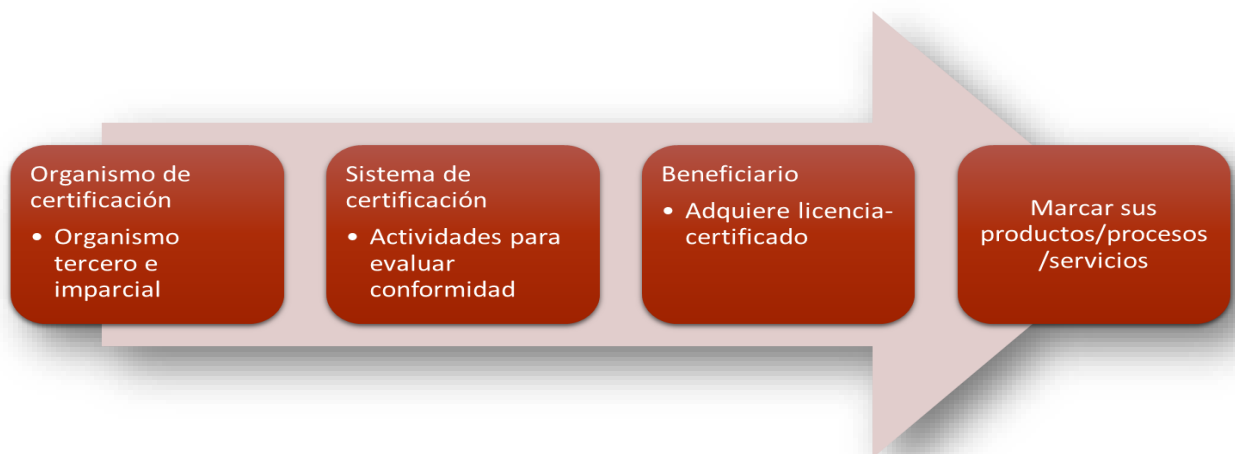


Figura 1.7 Proceso general para la adquisición de una certificación. Fuente: FAO.

Certificación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

Este tipo de certificación valida la aplicación de un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas aplicadas a la producción, procesamiento y transporte de alimentos, que deben salvaguardar la salud humana, protección del medio ambiente y mejorar las condiciones laborales y sociales del entorno de la explotación (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019).

Se atribuye a personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, no tiene costo de inscripción y una vigencia de 3 años, durante los cuales se debe mantener el cumplimiento de los requisitos de la norma. El objetivo principal es una producción primaria de calidad, para su comercialización a nivel nacional e internacional. Por lo que es equivalente a la certificación GLOBAL G.A.P., Flor Ecuador y la Certificación Orgánica Ecuatoriana (Agencia De Regulacion y Control Fito y Zoonosanitario (ARCFZ), 2021).

Certificación Orgánica

De manera similar, una certificación orgánica se atribuye a personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, cuya producción y/o procesamiento de productos se considera orgánico de acuerdo con una regulación. Estos se certifican a nivel nacional bajo la Normativa Orgánica Ecuatoriana, y a nivel internacional, bajo el reglamento USDA NOP (Estados Unidos), reglamento QCS CE 834/2007 (Unión Europea), la normativa Orgánica JAS (Japón) y acuerdo de equivalencia NOP-COR(Canadá) (Control Union, 2018; Quality Certification Services, 2018).

Este servicio tiene un costo variable, el proceso toma 90 días como mínimo hasta recibir la certificación en dependencia de la aplicación de las normativas. Una de las principales limitantes en tiempo es el requerimiento de un suelo libre de agroquímicos por al menos 3 años y la disponibilidad de registros de manejo.



Ecuador



Estados Unidos



Unión Europea



Japón



Cánada

Figura 1.8 Logos de certificaciones orgánicas nacionales e internacionales.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para el rediseño del sistema de producción se usaron herramientas cualitativas y cuantitativas, generando una propuesta simple y otra compleja. En la primera etapa, se levantó información para evaluar la situación actual de la finca y sus limitantes de producción; en la siguiente etapa, se analizó el dosel actual y se revisaron los reglamentos de certificación para su rediseño; en la etapa final, se realizaron propuestas de configuración espacial tomando en cuenta la distribución horizontal de la sombra, se evaluó la conveniencia económica y técnica de implementar las propuestas y se elaboraron recomendaciones de manejo en base a los reglamentos de certificación como estrategia para alcanzar los rendimientos propuestos. (Figura 2.1).

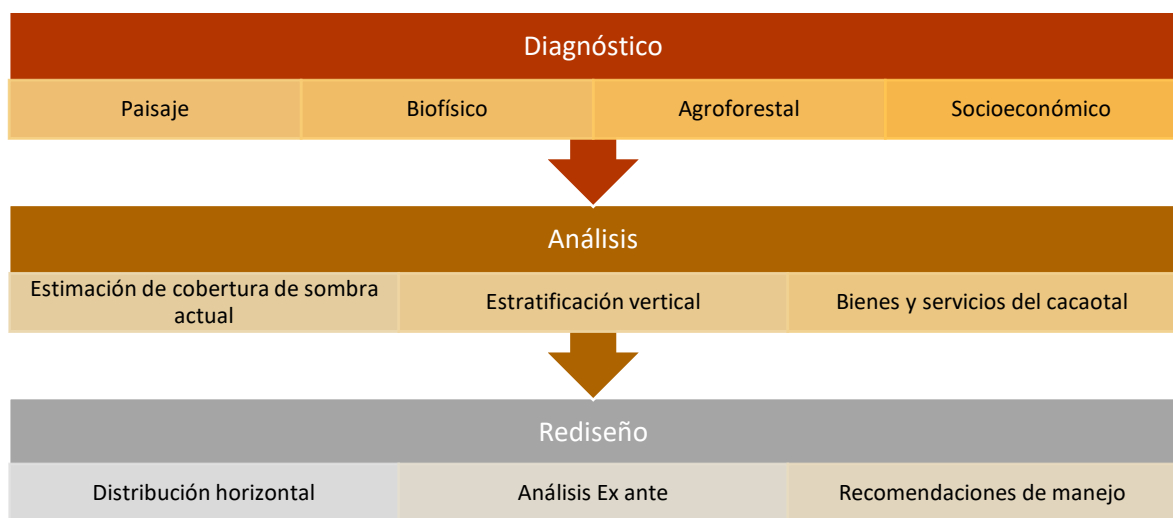


Figura 2.1 Metodología del rediseño de un sistema agroforestal para la producción de cacao orgánico.

2.1. Localización del sitio de estudio

El proyecto se llevó a cabo en la finca Armadillo ubicada en el cantón Pichincha, provincia Manabí. Dentro de las 103 has de la finca, se trabajó en 12 has de una plantación mixta destinada a la producción de cacao.

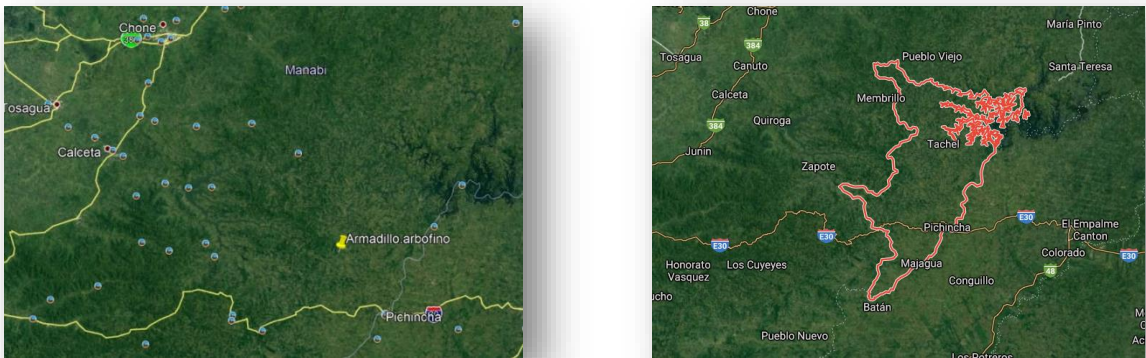


Figura 2.2 Ubicación de la finca Armadillo (pin amarillo) en el cantón Pichincha (rojo). Fuente: Google Earth Pro.

2.2. Etapa 1: Diagnóstico de la finca

Para evaluar la situación actual de la finca e interés del productor, se siguió la metodología de Somarriba (1998) sobre diagnóstico de una finca, se emplearon como herramientas:

- Entrevistas semiestructuradas
- Recorridos
- Inventario y conteos del componente principal (cacao), el componente leñoso y frutal

Siguiendo la metodología de inventarios con parcelas circulares de McRoberts, Tomppo, & Czapplewski, se levantaron dos unidades de muestreo de 10 m de radio sobre un área de alta densidad y baja densidad de especies de servicio (Figura 2.3). De las especies inmersas en las unidades de muestreo, se consideraron los parámetros:

- Porcentaje de oclusión
- Altura
- Diámetro de copa estimado
- Diámetro a la altura al Pecho (DAP)

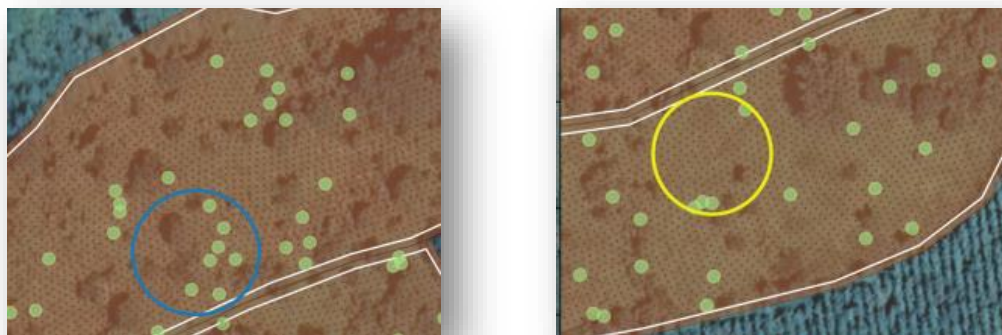


Figura 2.3 Muestras de alta (azul) y baja (amarillo) densidad de especies de servicio.

Adoptando la metodología de Somarriba (1998) para conteos, se levantaron dos muestras de 1 ha, representando la primera a los lotes de densidad uniforme, y la segunda a los lotes de densidad no uniforme de cacao.

Además, se adaptó la metodología de Aguilar & Sampson (2016) seleccionando aleatoriamente 87 plantas de cacao para estimar el porcentaje de plantas productivas de los lotes de densidad uniforme y no uniforme de cacao. Estos se categorizaron en función del número de mazorcas sanas y brotes florales con respecto a la edad del lote, como:

- Productivos ($x > 10$ mazorcas sanas)
- Poco productivos ($0 < x < 10$ mazorcas sanas)
- No productivos ($x = 0$)
- Enfermas

Se levantó información correspondiente al productor y el manejo, enfocado en:

- Objetivos y visión
- Factores de producción (disponibilidad de tierra y mano de obra)
- Factores externos (mercado nacional e internacional, vías de comercialización, precio y asistencia técnica)
- Manejo e insumos.

Finalmente, a través de un análisis cualitativo de interacciones adaptado de Conway (1993), se identificaron las especies que no favorecen los objetivos del productor, como criterio para su eliminación en los parches de excesiva sombra durante el periodo de implementación de las propuestas. Donde, se califican interacciones positivas (servicios ecosistémicos provistos) como >0 , y negativas (competencias) como <0 . Entonces, se identificaron las especies que generan el mayor impacto negativo sobre el agroecosistema.

2.3. Etapa 2: Análisis y mejoramiento del dosel

Para evaluar la cobertura del dosel se siguió la metodología de Somarriba (2004), que mejora el dosel a partir de los bienes y servicios que el productor requiere de la plantación, así como su distribución horizontal y vertical.

Primero, se determinó el porcentaje de sombra de la muestra de alta y baja densidad de especies de servicio, y se tasó el potencial impacto del dosel sobre el cacao. Luego, para seleccionar especies de servicio para un cacao de 5 años, se dividió el dosel en estratos de altura, según la amplitud de copa:

- El piso de la plantación (0-1 m de altura), ubicando hierbas y palmas de porte bajo y plántulas de leñosa de porte alto
- Estrato bajo (2-8m de altura), ubicando las plantas de cacao, frutales de porte bajo, musáceas y fustales
- Estrato medio (9-25m de altura), ubicando las leñosas y frutales de porte alto
- Estrato alto (26-40m de altura), ubicando los árboles dispersos a bajas densidades de leñosas de mayor porte.

La metodología de Milton Vega (2005) sobre enriquecimiento de fincas cacaoteras orgánicas, indica que la búsqueda de especies sombra debe basarse en su baja competencia con el cultivo principal y los beneficios socioeconómicos y agroecológicos que presenten. Así, se seleccionaron de manera preliminar especies de la finca y cultivos de interés del productor por estrato vertical.

Se contrastaron través de una matriz con los criterios presentados en la Tabla 2.1, tomando en consideración el trabajo de Saj, Mortimer y David (2018) sobre el impacto de diferentes especies de servicio sobre el SAF-cacao. Finalmente, se

seleccionaron dos especies por cada perfil vertical y se conformaron dos doseles estratificados, cuyas interacciones generaron baja competencia.

Tabla 2.1 Criterios para la selección de especies para propuestas de rediseño.

Frutales y ornamentales	Leñosas
Susceptibilidad	Susceptibilidad
Adaptabilidad	Adaptabilidad
Beneficio ecosistémico, social o económico	Beneficio ecosistémico, social o económico
Duración del ciclo productivo	Duración del ciclo productivo
Disponibilidad de material de siembra	Disponibilidad de material de siembra
Dificultad de manejo/cosecha	Dificultad de manejo/cosecha
	Caducifolio
	Turno

2.4. Etapa 3: Rediseño de sistema de producción

2.4.1. Propuestas de rediseño

Para obtener una cobertura horizontal homogénea, se empleó el software *Shademotion*. A partir de las características dasométricas de las especies del dosel (3° año de implementación), se simuló la proyección de sombra con diferentes arreglos espaciales para mantener el porcentaje de sombra recomendado para un cultivo de cacao de 5 años (20% - 40%).

2.4.2. Análisis ex ante

i. Estimación de carbono fijado

A partir de las características dasométricas del cacao y especies de servicio, se estimó la biomasa y carbono fijado por propuesta, siguiendo la metodología de Garcia & Azero (2018) para especies arbóreas.

Para las especies arbóreas con DAP superior a 5 cm se empleó la ecuación alométrica 2.1, las cuales corresponderían al cultivo de cacao.

$$BAG = 0.112 \times (\rho \times DAP^2 \times H)^{0.916} \quad 2.1$$

Donde:

BAG es Biomasa aérea gruesa (g)

ρ es densidad de especie (g/cm)

DAP es el diámetro a la altura del pecho (cm)

H es la altura (m)

Para el cálculo en especies arbustivas y arbóreas con DAP menor a 5 cm, se empleó la ecuación alométrica 2.2:

$$BT = (0.026884 + 0.001191D^2 \times H + 0.044529 \times D - 0.01516H) + (1.025041 + 0.023663D^2 - 0.17071H - 0.09615 \ln H + (-0.1701H - 0.09615 \ln H) + (-0.43154 + 0.011037D^2 \times H + 0.113602D + 0.307809D)) \quad 2.2$$

Donde:

BT es la biomasa total aérea (kg)

D es el diámetro basal (ras del piso) o a una altura de 10 (cm)

H es la altura total (m)

Finalmente, se calculó la biomasa arbórea y arbustiva por hectárea, según la densidad poblacional de la respectiva propuesta. Para estimar el carbono almacenado total se multiplicó la biomasa total de la hectárea por el factor 0.45, que corresponde a la estimación de contenido de carbono fijado por la biomasa vegetal en un sistema agroforestal.

$$CC = CB \times 0.45 \quad 2.3$$

Donde:

CC: contenido de carbono almacenado por muestra (g de C)

CB: sumatoria de carbono de la biomasa arbórea y arbustivo.

ii. *Uso equivalente de la tierra (UET)*

Se tomaron valores de rendimiento (ton/ha) en sistemas de monocultivo y policultivo de reportes del Ministerio de Agricultura (MAG) entre otros, para estimar el UET, siguiendo la ecuación de Mead y Willey (1980):

$$UET = \sum \frac{Y_{pi}}{Y_{mi}} \quad 2.4$$

Donde:

Y_{pi}: rendimiento del policultivo
Y_{mi}: rendimiento del monocultivo

iii. **Estimación de rendimiento del cacao**

Se siguió la guía de estimaciones de volúmenes certificados de Rain Forest Alliance para evaluar el rendimiento alcanzado por las propuestas. Para lo cual se emplean la densidad de árboles productivos del cacaotal (árboles/ha) y el número de mazorcas sanas por árbol productivo:

1. Calcular el número promedio de mazorcas por árbol productivo:

$$\frac{\text{Número total de mazorcas en árboles productivos de la muestra}}{\text{Número de árboles productivos muestreados}} \quad \mathbf{2.5}$$

2. Calcular la producción promedio de cacao por árbol (kg/árbol), sabiendo que una mazorca equivale a 0.04 kg de granos de cacao:

$$\text{Número promedio de mazorcas por árbol} \times 0.04 \quad \mathbf{2.6}$$

3. Calcular el rendimiento estimado (kg/ha):

$$\text{Producción promedio de cacao por árbol} \left(\frac{\text{kg}}{\text{árbol}} \right) \times$$
$$\text{Número promedio de árboles productivos por hectárea} \quad \mathbf{2.7}$$

4. Calcular el volumen estimado (kg) y ajuste a condiciones de producción (problemas fitosanitarios):

$$\text{Rendimiento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) \times \text{Área certificada} \times \text{Ajuste} \quad \mathbf{2.8}$$

iv. **Viabilidad económica**

Mediante flujos de caja en Excel, se realizó la estimación de costos e ingresos de los diseños propuestos para posteriormente calcular el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j} \quad \mathbf{2.9}$$

Donde:

F_j: Flujo neto efectivo en el periodo j
I₀: Inversión en el periodo 0
i: tasa de descuento
n: Horizonte de evaluación

Para que el proyecto se considere rentable el resultado debe ser >0, si VAN=0 el proyecto está generando los mismos recursos que la rentabilidad mínima y finalmente si es <0 este proyecto no genera las ganancias esperadas.

En el caso del TIR, este indica la ganancia sobre el saldo no recuperado de inversión. Este debe superar la tasa de interés empleada al calcular el Valor Actual Neto para que le proyecto se considere rentable.

$$TIR = i_o + (i_f - i_o) \frac{VAN}{VAN - VAN F} \quad 2.10$$

Donde:

i_o: descuento inicial
i_f: descuento final
VAN F: VAN final

2.4.3. Evaluación de conformidad de la normativa orgánica CE y BPA

Con la finalidad de alcanzar los rendimientos propuestos se evaluó la conformidad de los rediseños propuestos sobre los reglamentos de Buenas Prácticas Agrícolas y CE 834 y 889, y se elaboraron infografías como guía rápida para el personal de trabajo de la finca sobre sus prácticas de manejo y documentación.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Etapa 1: Diagnóstico de la finca

i. Biofísico y de paisaje

El GAD cantonal categorizó la zona de estudio como área de conservación de biodiversidad por las pérdidas de suelo de bosques para la producción agropecuaria. Asimismo, clasificó la zona con riesgo medio a inundaciones y bajo a deslizamientos e incendios forestales.

De acuerdo con las características de clima de la zona, el periodo seco corresponde a los meses junio a diciembre y el periodo húmedo a los meses diciembre a mayo, bajo la influencia de la corriente del Niño (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Caracterización climática del cantón Pichincha, Manabí. Fuente: CONELEC – Atlas Solar y Sistema de información – FAO. Elaboración: GADMCP.

Precipitación		Temperatura °C			Porcentaje	
mm/m	mm/d	Máxima	Media	Mínima	Humedad relativa	Brillo solar
1752,5	4,85	31,62	25,47	19,36	84.23	20.57

Evapotranspiración de referencia		Insolación Wh-m2/día				Velocidad del viento a 2 m del suelo (m/s)
mm/m	mm/d	Difusa	Directa	Global	Anual	
1185,9	3,25	2.43	2.295,42	4.478,70	9.573,47	2,43

El sitio de estudio se encuentra en un bosque subtropical seco - tropical húmedo, por lo cual la finca tiene un índice hídrico subhúmedo. Es decir, durante la época seca existe moderado déficit hídrico, con régimen térmico cálido (Apéndice A).

En la finca se manejan áreas productivas bajo sistemas de producción agroecológicos¹ y convencionales², el 48% de superficie restante se ocupa para conservación de biodiversidad de especies nativas y de regeneración natural.

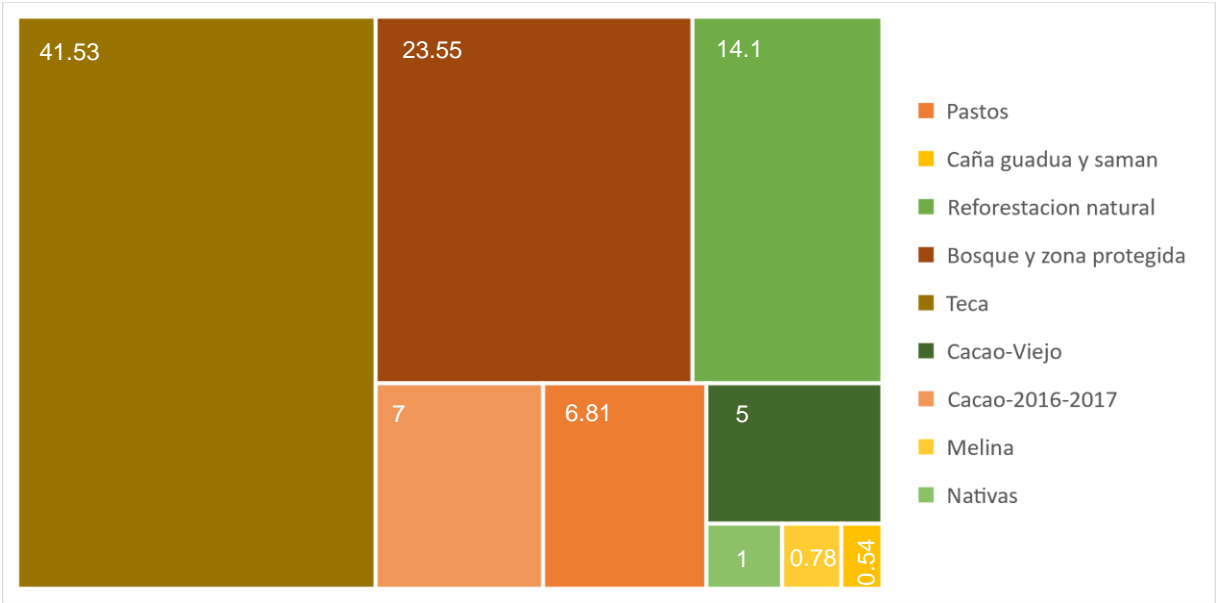


Figura 3.1 Análisis de superficie de la finca (ha)

Entre sus sistemas de producción ecológicos, tiene el proyecto de cacao tipo Nacional en dos parcelas de diferente fisionomía: una parcela de 5 ha con 866 árboles de cacao/ha y poca uniformidad en la distribución de especies; y otra tiene 7 ha, con 900 árboles de cacao/ha uniformemente distribuidas, separadas por callejones de aproximadamente 1 m. Cultivan variedades de cacao ETT95, ETT103 y Valencia en asociación con especies musáceas, frutales, leñosas y especies de regeneración natural, sin orden espacial (Figura 3.2). Además, tiene un huerto de frutales y 6.81 ha de pastos para autoconsumo y consumo animal, respectivamente.

¹ Sistema de producción orientados a la sostenibilidad, que se benefician de los ciclos ecológicos y prescinde de pesticidas y fertilizantes sintéticos. Fuente: FAO. Reglamento de la Norma Técnica Nacional para la Producción Ecológica, 2006.

² Sistema de producción orientada a la seguridad alimentaria que involucra el cultivo puro, con alto consumo de agro-insumos y tecnificación para alcanzar altos niveles de producción. Fuente: Manuel Chalán. Trabajo de maestría: Agricultura convencional y agroecológica, 2019

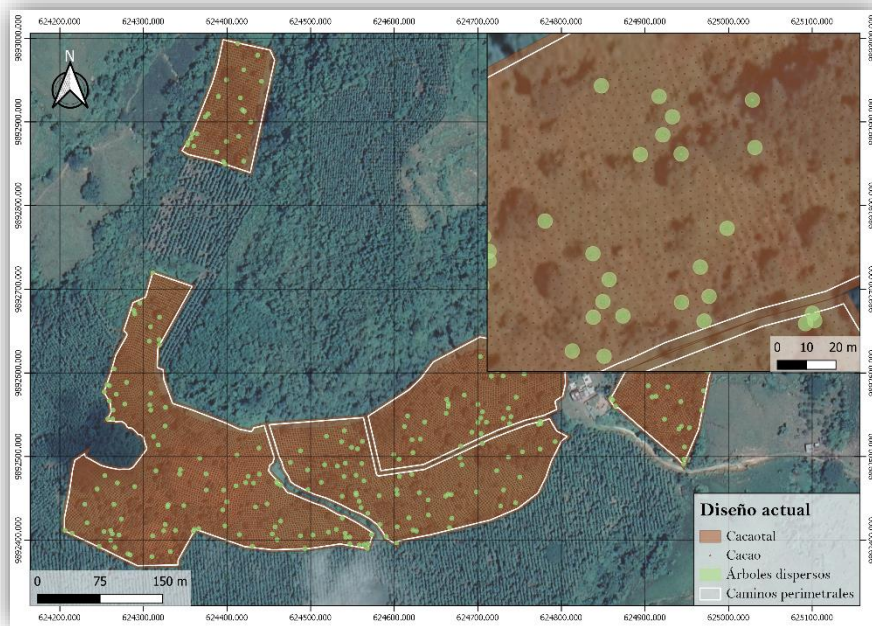


Figura 3.2 Mapa del diseño actual de la finca Armadillo. Elaborado por: Autor.

Por último, las parcelas de cacao son semiplanas con suelos de textura franco-arcillosa, en algunos casos con depresiones de menos de 1 m. Presentaron como cobertura vegetal materia orgánica en descomposición (estructuras vegetales y mazorcas) y hierbas bajas (Figura 3.3).

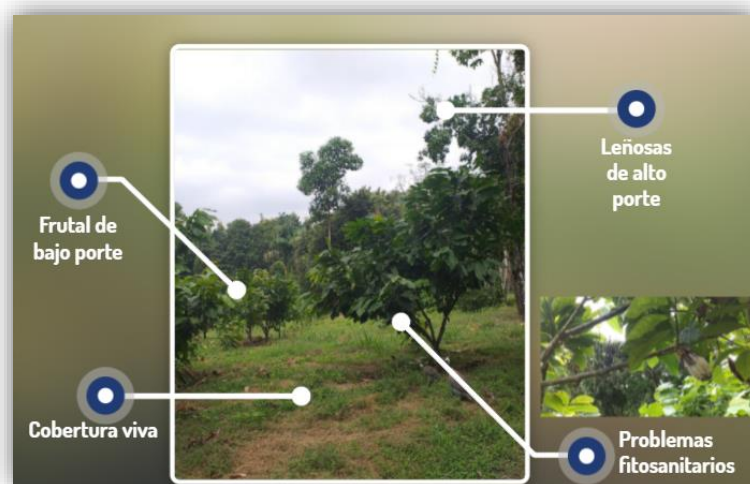


Figura 3.3 Estado actual de las parcelas de cacao.

ii. Agroforestal y socioeconómico

Para determinar limitantes de producción se evaluaron 3 aspectos (Figura 3.4): la productividad de las plantas, tasas de diseminación y arquitectura de las copas.

La productividad se evaluó a través del número de mazorcas por árbol y porcentaje de árboles productivos. Siendo la media para la finca de 3 y 8 mazorcas por árbol con un 34% de árboles productivos en las parcelas uniforme y un 17% en las parcelas no uniformes, respectivamente. No se considera como limitante de producción pues la media para Manabí es de 11 mazorcas por árbol, y la aparente baja productividad de la parcela no uniforme correspondería con la variabilidad en la edad de dicha parcela.

Se evaluó la arquitectura de las copas por su incidencia en la floración y fructificación por el paso de luz a la horqueta, al ser el porcentaje relativamente bajo no se consideró como limitante de producción. En esta se consideró a los individuos con exceso de ramas y copas muy altas/bajas.

Finalmente, al contrastar las parcelas con distribución uniforme y no uniforme de especies, se encontró que la cercanía entre individuos y la conformación del dosel de sombra favoreció el desarrollo de enfermedades en la parcela de distribución uniforme. Saj, Mortimer y David revelan que, en plantaciones establecidas de cacao, los doseles conformados por especies de porte bajo y copa densa aumentan la tasa de incidencia de Monilia por su microclima.

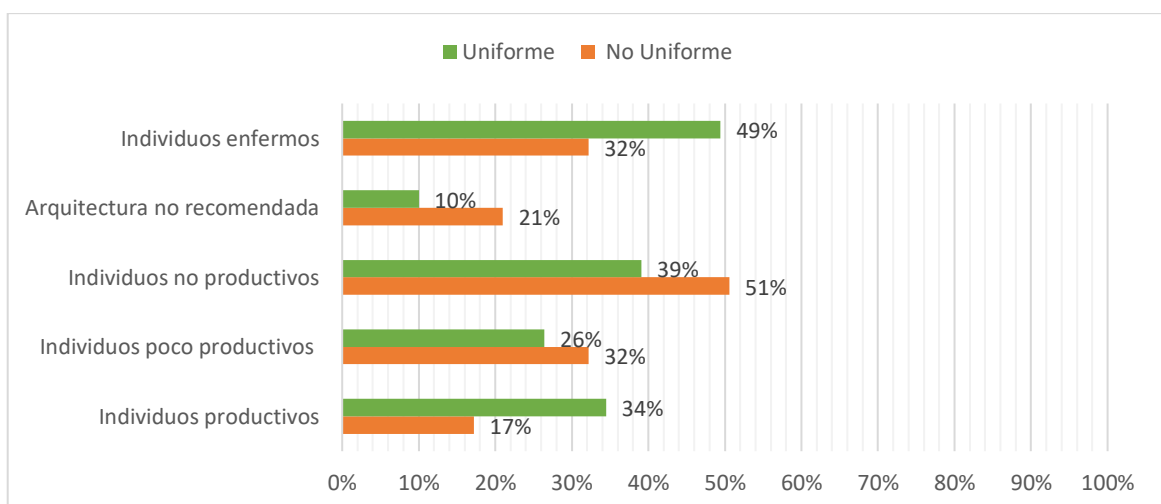


Figura 3.4 Contraste de factores limitantes de la productividad entre parcelas de distribución uniforme y no uniforme.

A pesar de tener una mayor incidencia de enfermedades, la muestra de distribución uniforme presentó mayor producción de mazorcas sanas y brotes florales, como resultado de tener un mayor número de árboles productivos. Se identificó como principal factor limitante el manejo fitosanitario de *Monilia*, por la presencia de inóculo en el interior de las parcelas en mazorcas en el suelo, y su desarrollo por la conformación del dosel (microclima).



Figura 3.5 Mazorcas con síntomas de *Monilia* (*Moniliophthora roreri*) en árboles y sobre la hojarasca.

Se registraron 22 especies en la finca, el 82% de las posibles interacciones intraespecíficas con cacao fueron positivas por provisión de sombra y reciclaje de nutrientes. En la Tabla 3.2, se identificaron como negativas a las especies Moral fino (*Maclura tinctoria*) y Sassafrás (*Sassafras albidum*) por ser heliofitas dominantes; Sassafrás en plantaciones mixtas usa alelopatía como mecanismo de competencia con otras plantas (Griggs). Mientras que el Moral fino es una especie altamente dominante en plantaciones mixtas, cuya provisión de sombra en cacao puede generar un efecto de sobredesarrollo de follaje.

De manera general, la provisión de servicios ecosistémicos de las especies Musáceas y frutales contrarrestan sus efectos negativos de competencia, resultando en un balance.

Tabla 3.2 Interacciones de los componentes del agroecosistema con el cacao. Donde: 0: sin efecto; -1: Interacción negativa: competencia; -2: Interacción negativa (alelopatía); 1-2: Interacción positiva (sombra, microclima, protección, etc.)

Receptor

<i>Fuente</i>	<i>Receptor</i>					
	Frutales	Musáceas	Palmas, Leñosas	Cacao	Moral fino, Sasafrás	Total
Frutales	0	-1	0	1	0	0
Musáceas	-1	0	0	1	0	0
Palmas, Leñosas	-1	-1	0	1	0	-1
Cacao	-1	-1	0	0	0	-2
Moral fino, Sasafrás	-2	-2	-2	-2	0	-8
Total	-5	-5	-2	1	0	

Se definieron los intereses del productor a corto, mediano y largo plazo: a corto plazo fue mejorar el rendimiento del cacao y diversificar su producción de manera sostenible; a mediano plazo fue manejar un sistema de producción orgánico con miras a su exportación al mercado europeo; y a largo plazo comercializar cacao con valor agregado.

3.3. Etapa 2: Análisis y mejoramiento del dosel

i. Análisis del dosel

Como se observa en la Figura 3.6, la zona con distribución uniforme de especies de servicio presentó mayor cobertura de sombra sobre el cacao; se estimó que las especies involucradas en esta ocluían el 58% de la superficie. Dentro de las especies que provisionan sombra se identificaron especies de porte bajo - medio en mayor abundancia, como frutales y hierbas gigantes (*Musáceas*).

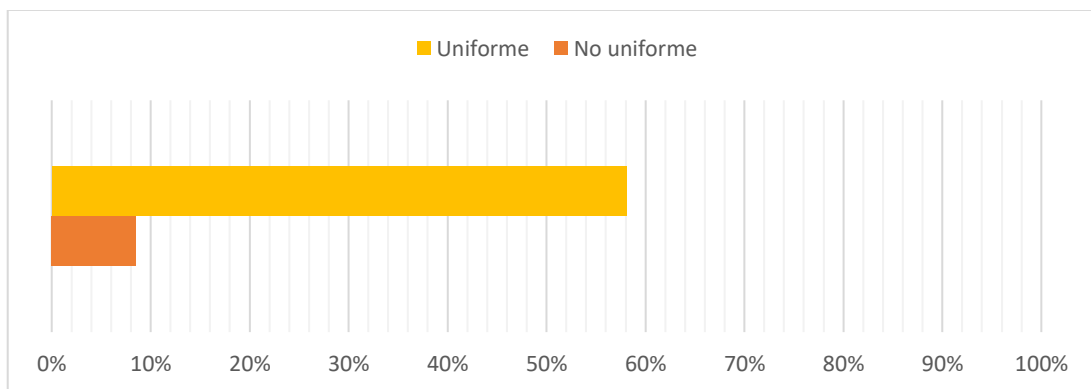


Figura 3.6 Estimación de porcentaje de cobertura de superficie de zonas de distribución no uniforme y distribución uniforme de plantas de cacao.

Se concluyó que, como criterios para la implementación de mejoras del dosel y bajo lo estipulado por la normativa BPA, el sistema actual debe:

- i. Disminuir gradualmente el porcentaje de cobertura de 58% hasta el rango 40%-20%, acorde con la recomendación para una plantación de 5 años. Regular la sombra al 20% para el inicio de la floración y fructificación del cacao.
- ii. Distribuir la proyección de sombra a nivel vertical, incorporando especies de porte alto como leñosas para regular el microclima.

ii. Bienes y servicios del dosel

En la Tabla 3.3 se detallan las especies seleccionadas por estrato para el mejoramiento del dosel.

Tabla 3.3 Características de las especies seleccionadas para conformar las propuestas de rediseño

Estrato	Especie	Uso	Beneficio	Descripción
Alto	Guaba (<i>Inga spectabilis</i> Willd)	Servicio	<p>Ecosistémico: Mantiene la humedad en la capa superficial del suelo</p> <p>Ecosistémico: Provisión de sombra multiestrato</p>	<p>Especie fabácea y decidua de bosque seco pluviestacional. Alcanza los 30 m, con diámetros de 30-60 cm. Su copa es ancha, densa y aparasolada.</p> <p>Florece abundantemente cada 4 meses, fructifica en la época lluviosa y se defolia en la época seca.</p>
	Fernán Sánchez (<i>Triplaris cumingiana</i>)	Servicio	<p>Ecosistémico: Provisión de sombra multiestrato</p> <p>Protección de cuencas hidrográficas</p> <p>Social: ornamental por la arquitectura del árbol y aspecto de flores</p>	<p>Especie poligonácea de copa amplia, rala y elipsoidal. Es heliófita y decidua, florece en los meses de agosto y septiembre.</p>
Medio	Melina (<i>Gmelina arborea</i>)	Comercial	<p>Ecosistémico: Provisión de sombra multiestrato</p> <p>Económico: Aprovechable como aserrío, carbón o forraje, a partir de los 10 años, con un rendimiento de 9 m³/árbol.</p>	<p>Especie fabácea de alto crecimiento. Su tronco es rectilíneo, de corteza lisa y café claro, con copa densa y oval.</p> <p>Su asociación con plantaciones establecidas de cacao ha presentado mejoras en el rendimiento del grano seco.</p>

	<p>Nuéz de macadamia (<i>Macadamia intergrifolia</i>)</p>	<p>Comercial</p>	<p>Ecosistémico: Provisión de sombra multiestrato</p> <p>Económico: Aprovechable al 4° o 5° año, con un rendimiento de 30-40kg de nuéz en cascara /planta/año.</p>	<p>Especie proteácea de copa amplia, redonda y revestida de follaje, de 6 a 12m altura máxima.</p> <p>Es un cultivo perenne, cuya época de cosecha dura de 3-6 meses, de febrero a agosto en climas cálidos y húmedos.</p> <p>El fruto es esférico y cremoso, protegido por una cascara o concha suave y verde.</p>
<p>Bajo - medio</p>	<p>Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>)</p>	<p>Servicio</p>	<p>Ecosistémico: Cobertura viva, provee nitrógeno, activa la absorción y recirculación de los macrominerales por extracción del suelo.</p> <p>Económico: Su follaje se puede aprovechar a los 5 o 6 meses del trasplante, y posteriormente, cada 4 meses como abono o alimento de ganado.</p>	<p>Especie fabácea que puede alcanzar los 10-12 metros y 40 cm de DAP. Es caducifolia, con copa frondosa y gran potencial nutricional para ganado (23% proteína bruta, 45% fibra bruta, 1.7%).</p> <p>Tiene una tasa de mineralización de N del 3.4%, y de liberación de N del 5% a la semana.</p>

3.5. Etapa 3: Rediseño del sistema de producción

Se realizaron dos propuestas: un sistema agroforestal mixto (Figura 3.7 – (A)) de dosel simple con el potencial aprovechamiento maderable, y un sistema agroforestal productivo (Figura 3.7 – (B)) de dosel complejo con el aprovechamiento bianual de un frutal. Dados los valores referenciales de pluviometría y evapotranspiración de la zona, el uso de un dosel multiestrato permite crear un microclima adecuado con conservación de humedad en el suelo. Además, la incorporación de leñosas de copa rala apoya el manejo de Monilia y la nutrición del cultivo por reciclaje de nutrientes (Mortimer, David, & Saj, 2018).

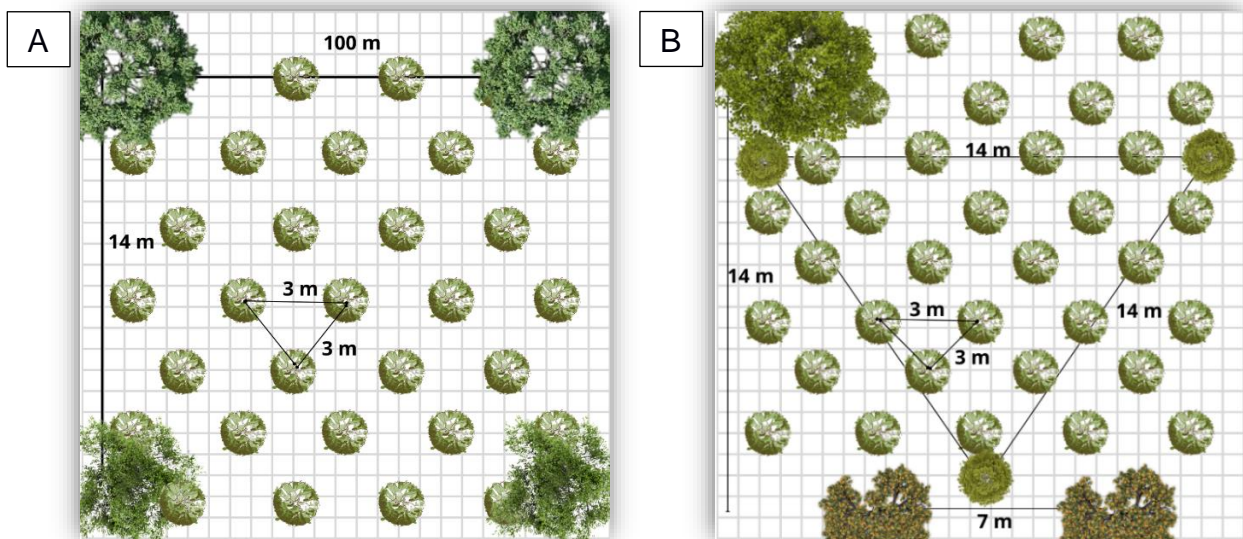


Figura 3.7 Configuración espacial del agroecosistema conformado por: cacao, melina y guaba (A). Y cacao, Fernán Sánchez, núz de macadamia y matarratón (B).

3.5.2. Primera propuesta de rediseño – SAF Mixto

Para esta propuesta se seleccionaron como especies de servicio guaba y melina, ambas caducifolias. En la Tabla 3.4 se detallan las características de la estratificación vertical y distribución espacial para cada especie; cuya configuración alcanzó un 33% durante la época lluviosa y un 21% durante la época seca, para el tercer año de implementación de la propuesta.

Se contempló el aprovechamiento de melina para carbón en sincronía con una poda de rejuvenecimiento de la plantación del cacao, en caso de ser necesario. Para facilitar el potencial aprovechamiento de melina se dispuso en un marco real, en hilera en los callejones de la parcela, intercalada con guaba.

Tabla 3.4 Características de la distribución espacial para el agroecosistema conformado por guaba, melina y cacao.

Cultivos	Beneficio	Densidad (plantas/ha)	Época de cosecha	Distancia de siembra (m)	Opacidad
Guaba	Sombra, Conservación del suelo y agua	49	-	14x14 – marco real	
Melina	Sombra, madera	49	Renovación del cacao	14x14 – marco real	21-33%
Cacao	Mazorca	1,000	Bianual (Junio, nov)	3x3 – tres bolillos	

3.5.4. Segunda propuesta de rediseño – SAF productivo

Para esta propuesta se seleccionaron como especies de servicio Fernán Sánchez y matarratón, ambas caducifolias; y como cultivo la nuez de macadamia. En la Tabla 3.5 se detallan las características de la estratificación vertical y distribución espacial para cada especie; cuya configuración alcanzó un 31% durante la época lluviosa y un 21% durante la época seca para el tercer año de implementación de la propuesta.

Se contempló también la cosecha de nuez de macadamia durante la época de cosecha de cacao, ubicada en hileras en el camino para facilitar la recolección del fruto al caer. Además, se plantea mantener la especie leguminosa, matarratón, en el estrato bajo-medio a través de podas para mejorar la calidad del suelo.

Tabla 3.5 Características de la distribución espacial para el agroecosistema conformado por Fernán Sánchez, nuez de macadamia, matarratón y cacao.

Cultivos	Beneficio	Densidad (plantas/ha)	Época de aprovechamiento	Distancia de siembra (m)	Opacidad
Fernán Sánchez	Sombra	50	-	14X100 – marco real	
Nuez de macadamia	Sombra, nuez	15	Anual (febrero-agosto)	7x7 – hileras en caminos principales	21-30%
Cacao	Mazorca	1,000	Bianual (Junio, nov)	3x3 – tres bolillos	
Matarratón	Abono verde	150	c/5 meses	14x14 –tres bolillos	

La incorporación de una especie leguminosa implica un apoyo a la nutrición del cultivo principal cacao, por la liberación de nitrógeno (5% semanal) y su mineralización (3.4% semanal); así como su absorción de agua (Mortimer, David, & Saj, 2018). Sin embargo, este puede reducir la disponibilidad de fósforo para cacao a largo plazo, por suplir su propia demanda.

3.5.6. Cronograma de ejecución

Se planteó el uso de semillas para todas las especies de servicio, lo que implica que el 50% de los árboles de macadamia entran a producción entre el 4° y 5° año. La macadamia tiene una vida económica estimada de 60 años, con producción continua similar al cacao, su periodo de mayor producción ocurre en la primera parte del año (Figura 3.8). Para lo cual solo es necesario esperar su caída, con un rendimiento inicial de 30-40 kg/árbol/año que aumenta progresivamente.

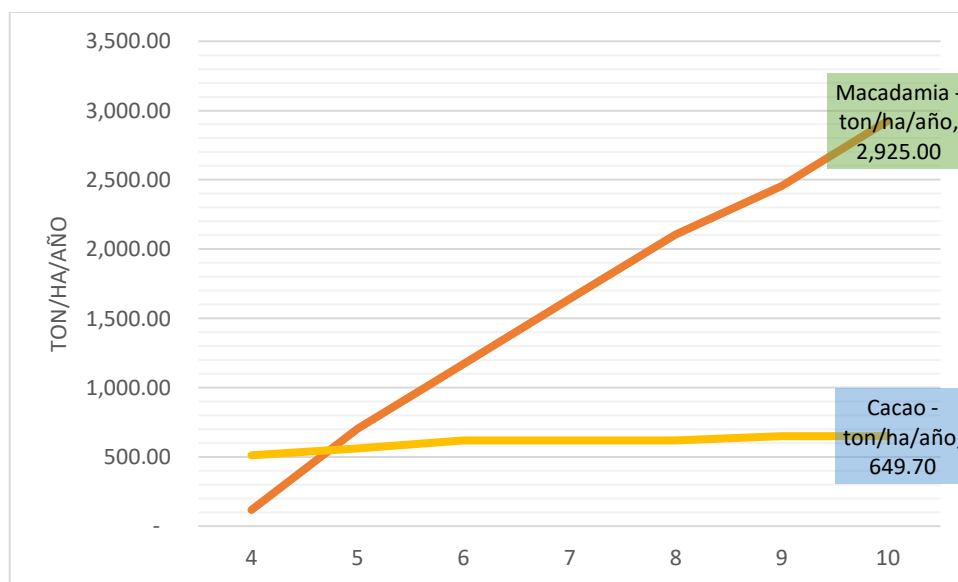


Figura 3.8 Producción de SAF - productivo: nuez de macadamia (en concha) y cacao (en grano seco). Fuente: *Australian Macadamia Society Limited*.

Se propone la siembra de todas las especies en noviembre, previo al inicio de la época de lluvias para obtener una mayor tasa de prendimiento. Así como la eliminación gradual de las especies que conforman el dosel actual entre septiembre y octubre (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Cronograma de actividades sugerido para implementar las propuestas de rediseño.

		Periodo seco			Periodo de lluvias						Periodo seco		
ESTABLECIMIENTO	Duración (Semanas)	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
a) Mano de obra													
Socola	2												
Tumba (Con motosierra)	3												
Repique de troncos y ramas o desbandado	2												
Apilamiento de malezas y desperdicios entre hileras	2												
Señalamiento (balizada)	1												
Hoyado	2												
Distribución de plantas en terreno	2												
Plantación	2												
Aplicación de abono	1												
b) Labores													
Cosecha principal - Macadamia	-												
Cosecha principal- Cacao	-												

3.5.8. Análisis Ex ante

Se estimó que la propuesta de rediseño guaba + melina + cacao almacenaría 33.09 kg/ha de carbono, mientras que la propuesta de rediseño de Fernán Sánchez + macadamia + matarratón + cacao almacenaría 103.63 kg/ha de carbono. Esto equivaldría a 0.88 ton/año y 14.92 ton/año, respectivamente (Tabla 3.7).

Tabla 3.7 Resultados de estimación de carbono almacenado por el sistema, y uso equivalente de tierra para la propuesta SAF -mixto: guaba+ melina + cacao; y SAF – productivo: Fernán Sánchez+ macadamia + matarratón+ cacao.

	Biomasa almacenada (Kg/ha)	Carbono almacenado (Kg/ha)	Uso equivalente de tierra	Uso equivalente del sistema
SAF - mixto				
Cacao	0.82	33.09	1	1.75
Guaba	46.58		-	
Melina	26.14		0.75	
SAF - productivo				
Cacao	0.82	103.63	1	2.6
Matarratón	160.18		0.8	
Fernán Sánchez	52.91		-	
Nuez de macadamia	16.37		0.8	

Con respecto al uso equivalente de tierra, no se consideraron las especies maderables permanentes (guaba, Fernán Sánchez) pero si aquellas con potencial para ser aprovechadas a discreción del productor (melina, matarratón) y el cultivo secundario macadamia. Ya que este indica el grado de aprovechamiento de la superficie de suelo, el sistema de producción actual se evaluó como cultivo puro de cacao, igual a 1. La propuesta con mejor aprovechamiento de suelo fue Fernán Sánchez + macadamia + matarratón + cacao (Figura 3.9).

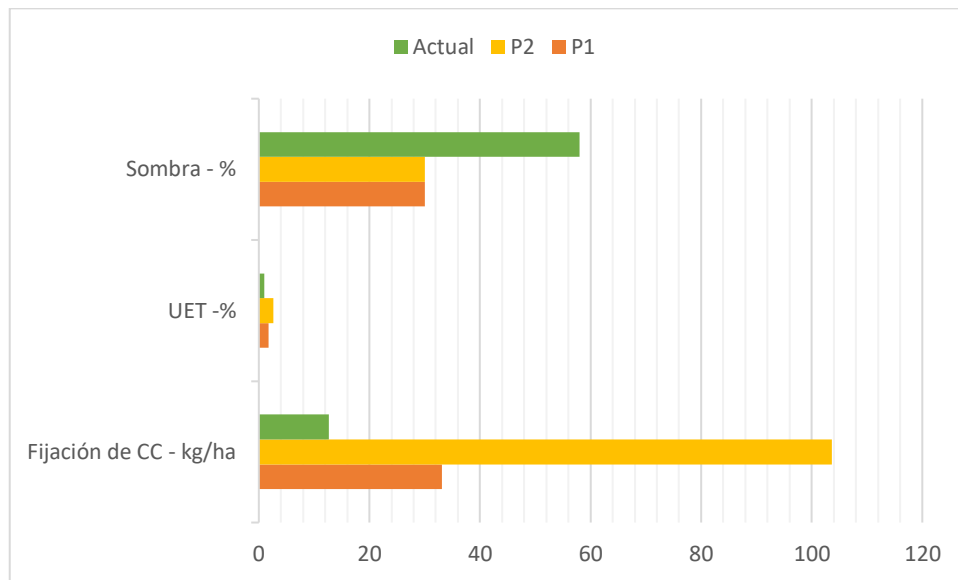


Figura 3.9 Contraste de beneficios ecosistémicos y agronómicos de los sistemas de producción propuestos y el actual: Fijación de carbono, Uso equivalente de suelo y Cobertura máxima de sombra.

Como se observa en la Figura 3.10, se consideró un escenario positivo y uno negativo de producción de cacao. Al tercer año de haber implementado la propuesta, se estima alcanzar 415-436 kg/ha/año y 464-485 kg/ha/año en el SAF- mixto y en el SAF-productivo, respectivamente. En ambos casos, la proyección de rendimientos supera a la proyección del sistema actual. La estimación considera el gradual aumento en productividad, por un mayor porcentaje de árboles productivos, mayor número de mazorcas sanas y producción homogénea, como resultado de la reducción en la tasa de incidencia de enfermedades y el mejoramiento del dosel.

La proyección también considera el efecto de haber incorporado una leguminosa a la segunda propuesta.

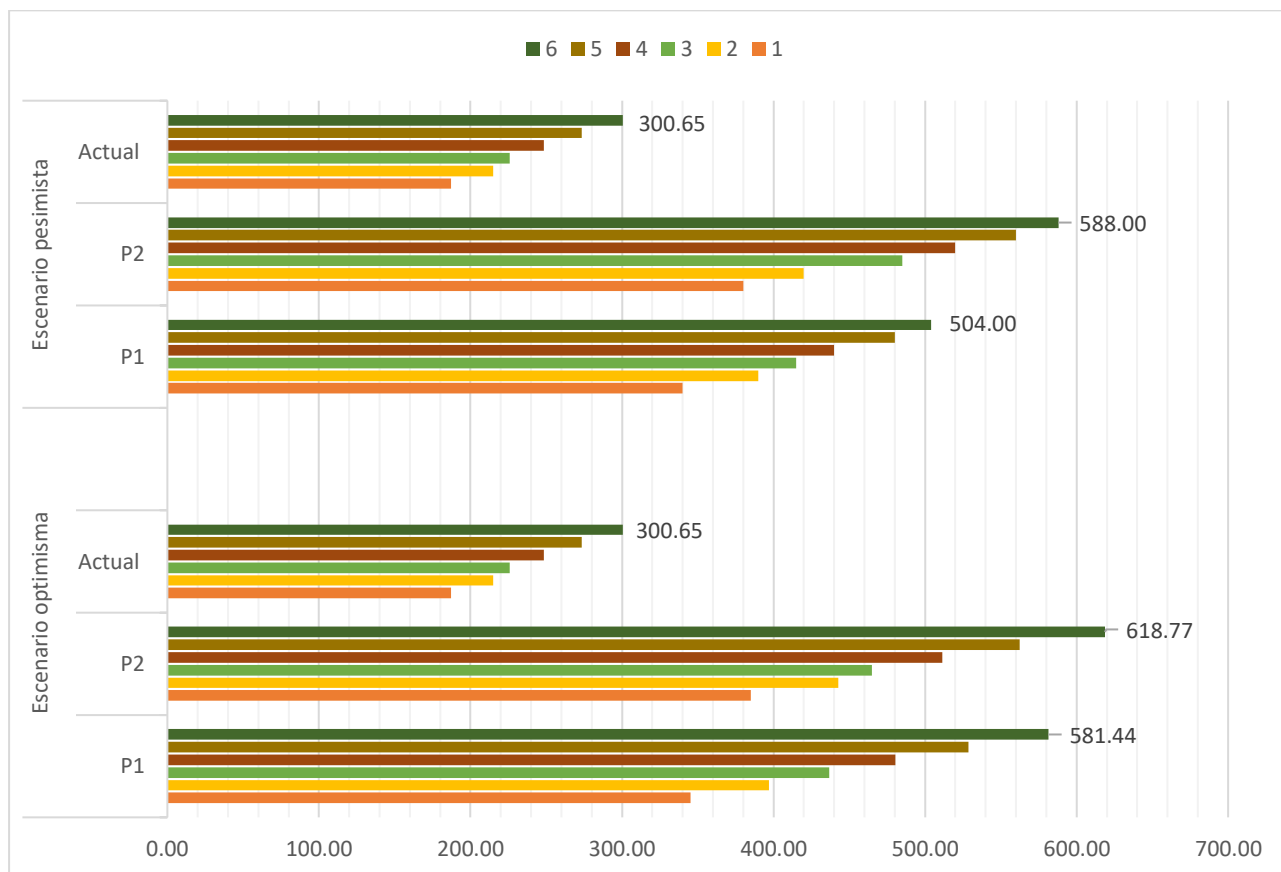


Figura 3.10 Contraste del rendimiento estimado de las propuestas, por año de implementación, bajo un escenario optimista y pesimista.

La inversión total para la implementación de un SAF- mixto fue de \$8,913.62, mientras que para un SAF - productivo fue de \$ 9,628.62. A una proyección de 5 años y bajo el cumplimiento de buenas prácticas agrícolas (orgánico), las propuestas resultan económicamente inviables por el alto valor de gastos administrativos y de servicios básicos (Figura 3.11).

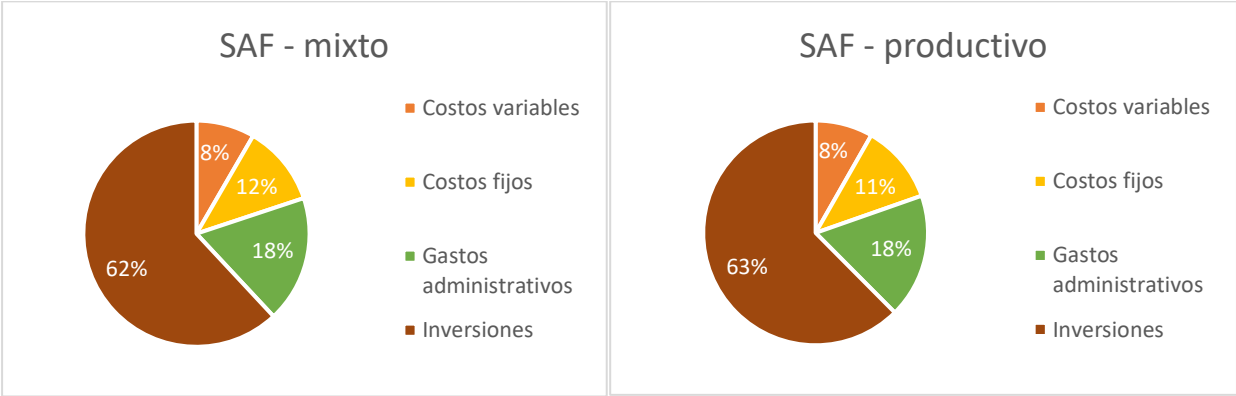


Figura 3.11 Resumen de flujo de caja. Elaborado por: Autor

A pesar de ser una unidad de producción de baja escala, esta pertenece a una empresa privada. Para unidades de producción de baja escala administradas por pequeños productores, la propuesta de un SAF – mixto genera un VAN de \$17,505.44 en una proyección de 10 años. Tomando la tasa de interés referencial de una institución crediticia (12%), esta proyección tuvo una tasa de retorno del 13%.

Mientras que para un productor como Arbofino – Arbofiec S.A., la propuesta requiere la diversificación de ingresos (macadamia – cacao) para ser económicamente viable (Tabla 3.8).

Tabla 3.8 Indicadores de factibilidad. Elaborado por: Autor.

	VAN	TIR
SAF - mixto	-\$30,383.38	-21%
SAF - productivo	\$130,113.39	57%

3.5.10. Evaluación de conformidad de la normativa orgánica CE y BPA

En base a la normativa BPA, los rediseños propuestos cumplen con los capítulos de requerimientos medioambientales y manejo de sombra para producción de cacao. Para facilitar el cumplimiento de los requisitos mínimo-críticos, se desarrollaron infografías con nociones de manejo agronómico.

Tabla 3.9 Cronograma referencial de labores principales de manejo. (S) especies de servicio, (C) Cacao.

		Periodo seco			Periodo de lluvias						Periodo seco		
MANTENIMIENTO	Duración (Semanas)	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
Fertilización	1												
Manejo fitosanitario - Cacao	1												
Regulación de sombra - Servicio y Cacao	1	C		C		C		C			S		

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- I. Se realizaron dos propuestas de sistema agroforestal contemplando las limitantes productivas del sistema actual y el objetivo del productor. La mejora en el dosel permitió una provisión homogénea de sombra (21-30%) que cumplía la conformidad de la normativa BPA, apoyando la nutrición del cacao y el manejo de Monilia.
- II. El establecimiento de un SAF - mixto requiere el análisis de interacciones del sistema y una configuración espacial ordenada para que la promoción de biodiversidad no afecte la producción del cultivo principal. Al comparar el SAF - mixto actual y el SAF – mixto propuesto se observaron mejoras en la provisión de sombra, almacenamiento de biomasa y rendimiento del cultivo principal. Las mejoras en la cobertura de sombra a su vez implican cambios favorables en la regulación del microclima y aprovechamiento del recurso agua (lluvia) para las parcelas con variabilidad de edad.
- III. La propuesta de un SAF – productivo se ajusta mejor a la condición jurídica de empresa privada a la que pertenece la fundación Arbofino por su valor económico y ambiental. Este le ofrece un secuestro de carbono de 103 kg/ha/año, y un ingreso diversificado con una tasa de retorno del 57%. Para un productor de la misma escala que no contempla gastos administrativos, un SAF – mixto genera una tasa de retorno del 13% a los 10 años de haberse implementado el sistema, con un VAN positivo.

Recomendaciones

- i. Elaborar un plan de manejo en base a las condiciones edafoclimáticas y fitosanitarias del cacaotal. Permitiendo así reducir las limitantes de nutrición en la producción, y el desarrollo de enfermedades de carácter biótico o abiótico (estrés- deficiencia).

- ii. Especializar a uno de los supervisores en el manejo de cacao Nacional orgánico para reducir costos administrativos y de asistencia técnica, y buscar asociatividad con productores de cacao de la zona.
- iii. Elaborar un plan de trazabilidad para facilitar el seguimiento de la calidad y volumen del cacao producido, facilitando así su venta a la industria de manufactura cuyo precio de venta considera el tipo de cacao y sistema de producción como valor agregado.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia De Regulacion y Control Fito y Zoosanitario (ARCFZ). (08 de Marzo de 2021). *Solicitud de certificado en buenas prácticas agrícolas por primera vez*. Obtenido de Portal Unico de Tramites Ciudadanos: <https://www.gob.ec/arcfz/tramites/solicitud-certificado-buenas-practicas-agricolas-primera-vez#beneficiary>
- Aguilar, L. O., & Sampson, A. L. (2016). *Colección de esquinas técnicas para la mejora productiva del cacao*. Nicaragua.
- Batista, L. (2009). *Guía Técnica: El cultivo de cacao en la Republica Dominicana*. Santo Domingo, Republica Dominicana: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF). Obtenido de <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- C., V. H. (2019). *Informe de rendimientos objetivos de cacao (almendra seca) 2019*. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Chang, J. V., Torres, C. V., Moran, D. P., Rodriguez, W. M., Veliz, J. M., & Remache, R. R. (Julio-Diciembre de 2014). *Atributos físicos-químicos y sensoriales de las Almendras de quince clones de cacao nacional (Theobroma cacao L.) en el Ecuador*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Pichilingue (INIAP): <https://www.proquest.com/docview/1696703132/fulltextPDF/FCE5D18CD8204562PQ/1?accountid=171402>
- Control Union. (2018). *Certificación Orgánica*. Obtenido de Control Union: Programas: <https://www.cuperu.com/portal/es/programas-de-certificacion/organico>
- Conway, G. R. (1993). *Análisis participativa para el desarrollo agrícola sustentable*. Rio de Janeiro, Brasil: Agricultores na pesquisa.
- EcoSecurities. (s.f.). *El carbono fijado de Costa Rica: la línea base*. Obtenido de Serie Centroamericana de bosques y cambio climático: <http://www.fao.org/3/AD439S/AD439s05.pdf>

- Espínola, A. R., & Arteaga, J. E. (Diciembre de 2010). *Evaluación del uso equivalente de terreno y eficiencias de extracción de tres dosificaciones de nutrientes en un sistema de policultivo de maíz dulce, habichuela y pepino en Zamorano, Honduras*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/658/1/T3037.pdf>
- Fernando Sánchez-Mora, J. Z. (2014). *Productividad de clones de cacao tipo Nacional en una zona del Bosque húmedo tropical de la provincia de Los Ríos, Ecuador*. Quevedo, Ecuador: Ciencia y Tecnología. UTEQ .
- García, C. H., & Azero, M. (Diciembre de 2018). *Fijación de carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos (SAFD) de la zona seca de Cochabamba*. Obtenido de Universidad Católica Boliviana San Pablo Cochabamba: https://www.researchgate.net/publication/333433957_Fijacion_de_carbono_en_10_sistemas_agroforestales_dinamicos_SAFD_de_la_zona_seca_de_Cochabamba
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pichincha (GADMCP). (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014-2019*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1360001870001_PDOT%20Pichincha%202016_14-04-2016_15-56-48.pdf
- Griggs, M. M. (s.f.). *Sassafras albidum (Nutt.)*. Obtenido de Virginia Tech Dendrology: <https://dendro.cnre.vt.edu/dendrology/USDAFSSilvics/84.pdf>
- Guerrero, A. L. (10 de octubre de 2017). *Producción y comercialización de cacao fino de aroma en el Ecuador - año 2012-2014*. Obtenido de Superintendencia de Control del Poder de Mercado (SCPM): <https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/03/ESTUDIO-DEL-CACAO-IZ7-version-publica-ultima.pdf>
- McRoberts, R. E., Tomppo, E. O., & Czaplowski, R. L. (s.f.). *Diseños de muestreo de las evaluaciones forestales nacionales*. Obtenido de FAO: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/national_forest_assessment/images/PDFs/Spanish/KR2_ES__4_.pdf
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (17 de Enero de 2019). *Entregan certificación en Buenas Prácticas Agrícolas para café, en Loja*. Obtenido de Noticias:

<https://www.agricultura.gob.ec/entregan-certificacion-en-buenas-practicas-agricolas-para-cafe-en-loja/>

Mortimer, R., David, C., & Saj, S. (Diciembre de 2018). *Supporting and Regulating services in cacao agroforestry systems*. Obtenido de Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/318928859_Supporting_and_regulating_ecosystem_services_in_cacao_agroforestry_systems

Palma, E., & Cruz, J. (2010). *¿Cómo elaborar un plan de finca de manera sencilla?* Costa Rica: Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza.

Pons, J.-C., & Sivardiére, P. (2002). *Certificación y acreditación*. Obtenido de Manual de Capacitación - Certificación de Calidad de los Alimentos Orientada a Sellos de Atributos de Valor en Países de América Latina: <http://www.fao.org/3/ad094s/ad094s03.htm>

Quality Certification Services. (2018). *Certificación Órganica*. Obtenido de Quality Certification Services: Servicios: <http://qcsecuador.com/www/index.php/es/servicios/109-certificacion-organica>

Rainforest Alliance. (2021). *Guía G Estimacion del rendimiento*. Rainforest Alliance.

Sanchez, V. H. (2019). Diagnostico de la Cadena de valor del cacao en Ecuador. En J. L. Víctor Hugo Sánchez, *La Cadena de Valordel Cacao en America Latina y el Caribe* (pág. 49). Ecuador: Fontagro, ESPOL, INIAP.

Somarriba, E. (1998). *Diagnostico y diseño agroforestal*. Costa Rica: Agroforesteria en las Americas. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/323946142_Diagnostico_y_diseno_agroforestal

Somarriba, E. (Enero de 2004). *Como evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/284394281_Como_evaluar_y_mejorar_el_dosel_de_sombra_en_cacaotales

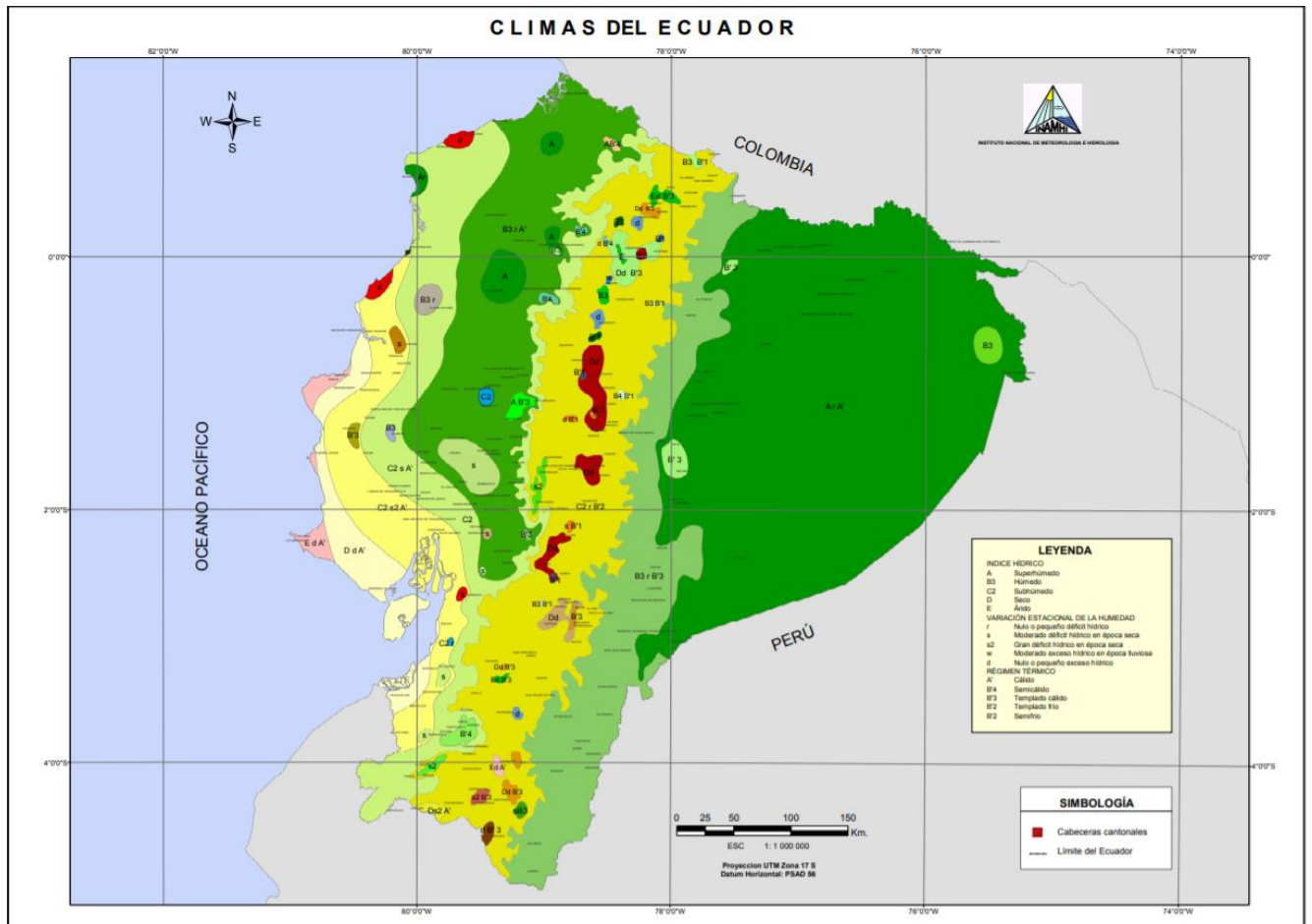
Tarrasón, D. (Abril de 2008). *ResearchGate*. Obtenido de AGROECOLOGÍA: UNA PERSPECTIVA INTEGRADORA PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SOCIOAGROECOSISTEMAS:

https://www.researchgate.net/publication/261911847_AGROECOLOGIA_UNA_P

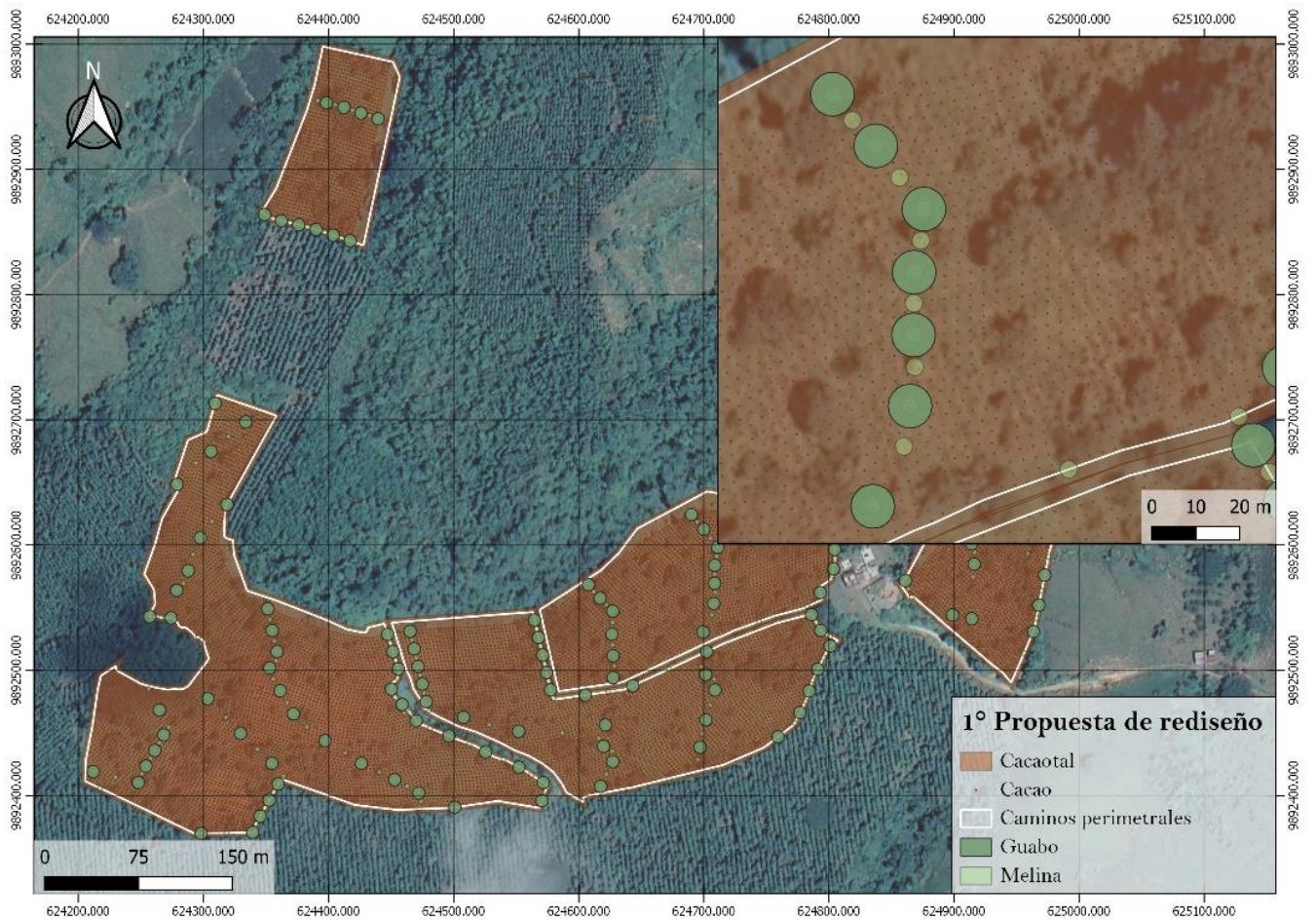
ERSPECTIVA_INTEGRADORA_PARA_LA_SOSTENIBILIDAD_DE_LOS_SOCIOAGROECOSISTEMAS

APÉNDICES

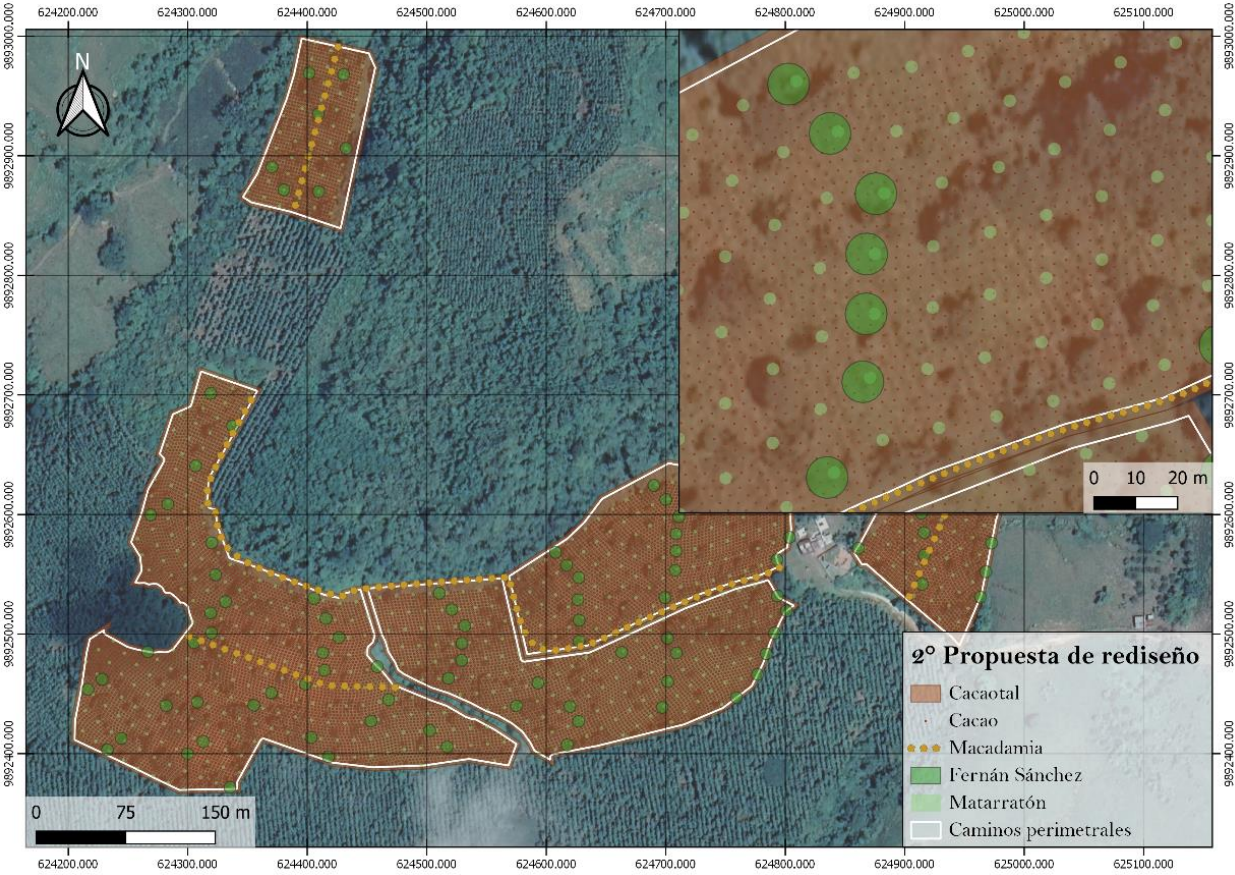
APÉNDICE A.- Mapa de climas de Ecuador. Fuente: INAMHI



APÉNDICE B.- Mapa de propuesta de rediseño SAF-mixto. Elaborado por: Autor.



APÉNDICE C.- Mapa de propuesta de rediseño SAF-productivo. Elaborado por: Autor.



APÉNDICE D.- Costo de implementación de la propuesta SAF - mixto. Fuente:
Samantha Noriega y Paola Rojas.

Propuesta 1: Cacao+ guabo + melina				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio	Valor Total
Preparación del suelo cacao				
Desmonte, repique, despalizada y limpieza	jomal	120	\$ 15,00	\$ 1.800,00
Alineado en tres bolillos, estaquillada, huequeado de cacao	jomal	36	\$ 15,00	\$ 540,00
Distribución y siembra de cacao	jomal	24	\$ 15,00	\$ 360,00
Subtotal				\$ 2.700,00
Fertilizantes				
Fertilizante edafico (full cacao)	25 kg	25	\$ 12,50	\$ 312,50
Fertilizante foliar (super green)	lt	5	\$ 11,00	\$ 55,00
Subtotal				\$ 367,50
Insumos fitosanitarios				
Fungicida (Fungiorgan , cal viva)	galón	1	\$ 22,50	\$ 22,50
Subtotal				\$ 22,50
Equipo y herramientas				
Bomba de fumigación (20 l)	unidad	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Pala	unidad	3	\$ 8,00	\$ 24,00
Sierra de poda plegable	unidad	2	\$ 12,00	\$ 24,00
Balde de plástico transparente	unidad	2	\$ 28,65	\$ 57,30
Balde metálico tipo malla	unidad	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Tijeras leatherman	unidad	8	\$ 6,38	\$ 51,04
Machete trupper pulido 16"	unidad	2	\$ 6,14	\$ 12,28
Subtotal				\$ 223,62
Mano de Obra Cacao				
Aplicacion fertilizantes	Jomal	60	\$ 15,00	\$ 900,00
Control de malezas (mecánico) o chapia	Jomal	80	\$ 15,00	\$ 1.200,00
Control fitosanitario (órganico)	Jomal	60	\$ 15,00	\$ 900,00
Control fitosanitario (Poda/cal viva)	Jomal	30	\$ 15,00	\$ 450,00
Poda cacao	Jomal	70	\$ 15,00	\$ 1.050,00
Asistencia Técnica / capacitaciones	curso	4	\$ 50,00	\$ 200,00
Subtotal				\$ 4.700,00
Mano de obra Guabo y Melina				
Balizado - guabo y melina #99	Jomal	24	\$ 15,00	\$ 360,00
Hoyado y siembra - guabo y melina #99	Jomal	24	\$ 15,00	\$ 360,00
Fertilizacion inicial melina #50	Jomal	12	\$ 15,00	\$ 180,00
Subtotal				\$ 900,00
Total				\$ 8.913,62

APÉNDICE E.- Costo de implementación de la propuesta SAF - productivo. Fuente:
Samantha Noriega y Paola Rojas.

Propuesta 2: Cacao + fernan sanchez+ matarraton + nuez de macadamia				
Concepto	Unidades	Cantidad	Precio	Valor Total
Preparación del suelo cacao				
Desmante, repique, despalizada y limpieza	jomal	120	\$ 15,00	\$ 1.800,00
Alineado en tres bolillos, estaquillada, huequeado de cacao	jomal	36	\$ 15,00	\$ 540,00
Distribución y siembra de cacao	jomal	24	\$ 15,00	\$ 360,00
Subtotal				\$ 2.700,00
Fertilizantes				
Fertilizante edafico (full cacao)	25 kg	25	\$ 12,50	\$ 312,50
Fertilizante foliar (super green)	lt	5	\$ 11,00	\$ 55,00
Subtotal				\$ 367,50
Insumos fitosanitarios				
Fungicida (Fungiorgan , cal viva)	galón	1	\$ 22,50	\$ 22,50
Subtotal				\$ 22,50
Equipo y herramientas				
Bomba de fumigación (20 l)	unidad	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Pala	unidad	3	\$ 8,00	\$ 24,00
Sierra de poda plegable	unidad	2	\$ 12,00	\$ 24,00
Balde de plástico transparente	unidad	2	\$ 28,65	\$ 57,30
Balde metálico tipo malla	unidad	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Tijeras leatherman	unidad	8	\$ 6,38	\$ 51,04
Machete trupper pulido 16"	unidad	2	\$ 6,14	\$ 12,28
Subtotal				\$ 223,62
Mano de Obra Cacao				
Aplicacion fertilizantes	Jomal	60	\$ 15,00	\$ 900,00
Control de malezas (mecánico) o chapia	Jomal	80	\$ 15,00	\$ 1.200,00
Control fitosanitario (órganico)	Jomal	60	\$ 15,00	\$ 900,00
Control fitosanitario (Poda/cal viva)	Jomal	30	\$ 15,00	\$ 450,00
Poda cacao	Jomal	70	\$ 15,00	\$ 1.050,00
Asistencia Técnica / capacitaciones	curso	4	\$ 50,00	\$ 200,00
Subtotal				\$ 4.500,00
Mano de obra Fernán y Matarratón				
Balizado - ferman y matarraton #199	Jomal	48	\$ 15,00	\$ 720,00
Hoyado y siembra - ferman y matarraton #199	Jomal	48	\$ 15,00	\$ 720,00
Subtotal				\$ 1.440,00
Mano de obra Nuez de macadamia				
Balizado #15	Jomal	12	\$ 15,00	\$ 180,00
Hoyado y siembra #15	Jomal	12	\$ 15,00	\$ 180,00
Fertilizacion inicial (Edafica 3/año) #15	Jomal	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Fertilizacion foliar (3/año) #15				
Deshierbe				
Subtotal				\$ 375,00
Total				\$ 9.628,62

APÉNDICE F.- Flujo de caja de SAF – mixto propuesto. Fuente: Samantha Noriega y Paola Rojas.

PROPUESTA 1						
	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos cacao		\$ 12.483,14	\$ 13.851,14	\$ 15.368,65	\$ 17.052,49	\$ 18.921,00
Costos Variables		\$ -3.382,50	\$ -3.285,59	\$ -3.292,94	\$ -3.300,45	\$ -3.308,13
Costos Fijos		\$ -4.668,00	\$ -4.775,19	\$ -4.884,85	\$ -4.997,02	\$ -5.111,77
Gastos de administración		\$ -7.342,46	\$ -7.342,46	\$ -7.342,46	\$ -7.342,46	\$ -7.342,46
Gastos de Venta		\$ -235,38	\$ -258,92	\$ -284,81	\$ -313,29	\$ -344,62
Depreciación		\$ -1.000,00	\$ -1.000,00	\$ -1.000,00		
Utilidad neta antes Imp.	\$ -	\$ -4.145,21	\$ -2.811,04	\$ -1.436,41	\$ 1.099,27	\$ 2.814,01
Impuestos					\$ -274,82	\$ -703,50
Utilidad Neta	\$ -	\$ -4.145,21	\$ -2.811,04	\$ -1.436,41	\$ 1.374,09	\$ 3.517,52
Depreciación		\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00		
Inversión Inicial	\$ -25.056,36					
Capital de Trabajo	\$ -8.400,00					
Recuperación Capital de Trabajo						\$ 8.400,00
Flujo de Caja	\$ -33.456,36	\$ -3.145,21	\$ -1.811,04	\$ -436,41	\$ 1.374,09	\$ 11.917,52
Flujo acumulado	\$ -33.456,36	\$ -36.601,57	\$ -38.412,60	\$ -38.849,02	\$ -37.474,93	\$ -25.557,41

APÉNDICE G.- Flujo de caja de SAF - productivo. Fuente: Samantha Noriega y Paola Rojas.

PROPUESTA 2						
	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos nuez de macadamia		\$ -	\$ -	\$ -		\$ 214.288,74
Ingresos cacao		\$ 13.917,13	\$ 14.740,20	\$ 16.355,31	\$ 18.147,11	\$ 20.135,78
Costos Variables		\$ -3.382,50	\$ -2.985,59	\$ -2.992,94	\$ -3.000,45	\$ -3.023,13
Costos Fijos		\$ -4.668,00	\$ -4.775,19	\$ -4.884,85	\$ -4.997,02	\$ -5.111,77
Gastos de administración		\$ -7.342,46	\$ -7.342,46	\$ -7.342,46	\$ -7.342,46	\$ -7.342,46
Gastos de Venta		\$ -262,42	\$ -275,54	\$ -303,10	\$ -333,40	\$ -366,75
Depreciación		\$ -1.000,00	\$ -1.000,00	\$ -1.000,00		
Utilidad neta antes Imp.		\$ -2.738,25	\$ -638,60	\$ 831,97	\$ 2.473,77	\$ 218.580,41
Impuestos				\$ -207,99	\$ -618,44	\$ -54.645,10
Utilidad Neta		\$ -2.738,25	\$ -638,60	\$ 1.039,96	\$ 3.092,22	\$ 273.225,51
Depreciación		\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00		
Inversión Inicial	\$ -25.604,31					
Capital de Trabajo	\$ -3.400,00					
Recuperación de Capital de Trabajo						\$ 3.400,00
Préstamo	\$ -					
Amortización		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de Caja	\$ -29.004,31	\$ -1.738,25	\$ 361,40	\$ 2.039,96	\$ 3.092,22	\$ 276.625,51
Flujo acumulado	\$ -29.004,31	\$ -30.742,56	\$ -30.381,16	\$ -28.341,20	\$ -25.248,99	\$ 251.376,52