



REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN AGROFORESTAL (RRAF) DE CACAOTALES

Manual y herramienta para el personal técnico del
sector cacaotero latinoamericano y del caribe

Rolando Cerda, Felipe Peguero, Luis Orozco-Aguilar,
Maria José Borda, Diana Alvarez, Eduardo Somarriba

PREFACIO

El proyecto Maximizando Oportunidades en Café y Cacao en las Américas (MOCCA), es una iniciativa de cinco años financiada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) a través de su Programa de Alimentos para el Progreso (Food for Progress Program), ejecutada por un consorcio, liderado por TechnoServe, que también dirige el Programa Café, mientras que Lutheran World Relief lidera las acciones en cacao. MOCCA se implementa en Nicaragua, El Salvador, Honduras, Guatemala, Ecuador y Perú, países en los que más de 750,000 agricultores se dedican al cultivo de café y cacao. MOCCA brinda asistencia técnica a las personas productoras para superar las barreras que limitan su capacidad para renovar y rehabilitar sus plantaciones de café y cacao de forma eficaz y con ello, impulsar el incremento en sus rendimientos, mejorar su capacidad de comercialización, aumentar sus ingresos y los medios de vida en estas cadenas de valor.

En Centroamérica y la Región Andina, las plantaciones viejas y poco productivas, las enfermedades, las plagas, la variabilidad climática (a corto plazo) y los cambios en el clima (a largo plazo), están afectando negativamente la producción y calidad del cacao y café, forzando a algunos productores a abandonar sus cultivos e incluso sus fincas. La renovación y rehabilitación de las plantaciones de cacao y café son soluciones que contrarrestan estos retos y son vitales para asegurar la longevidad de estos sectores productivos sin perjudicar a los frágiles ecosistemas forestales. Actualmente la mayoría de los productores no está renovando ni rehabilitando sus plantaciones y sus ingresos por la venta de cacao y café están disminuyendo debido a la falta de inversión en el mantenimiento de sus fincas. Estas limitaciones se derivan de las fluctuaciones en los precios, así como de la capacidad técnica insuficiente, falta de acceso a capital y a material genético de calidad para sus plantaciones. MOCCA juntos a sus aliados implementa acciones para superar estos desafíos.

Algunas de nuestras principales metas son:



MOCCA ha unido esfuerzos y conocimiento con los expertos de CATIE para elaborar y publicar este manual técnico y así guiar las intervenciones de rehabilitación y renovación en fincas de cacao de Latinoamérica. Este manual y su herramienta en Excel para cálculos económicos y productivos, combina el enfoque agronómico, agroforestal y financiero para apoyar la toma de decisiones sobre cuándo, cuánto y cómo realizar rehabilitación y renovación en las fincas cacaoteras. Se espera que la información contenida en este manual contribuya al fortalecimiento de los conocimientos, habilidades y destrezas de productores y equipos técnicos para intensificar el cultivo en las fincas y alcanzar la sostenibilidad y competitividad de los sectores cacao. Aunque en este manual nos concentramos en ejemplos sobre cacao, los enfoques, métodos y resultados presentados son aplicables también al café.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
2. DEFINICIÓN DE LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN	6
3. ENFOQUES Y MODELOS DE REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN.....	8
4. EL MODELO REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN AGROFORESTAL (RRAF)	12
4.1. Relaciones importantes de comprender en un proceso de RRAF.....	13
4.1.1. Relación de la productividad con la edad del cacaotal	13
4.1.2. Relación productividad vs densidad	14
4.1.3. Relación productividad por área vs mortalidad natural vs densidad	16
4.2. El proceso de RRAF.....	17
4.2.1. Proceso 1: Restauración del sitio	17
4.2.2. Proceso 2: Cultivos intercalados tempranos	17
4.2.3. Proceso 3: Dosel de sombra	17
5. PRÁCTICAS CULTURALES PARA HACER REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN	19
5.1. Prácticas de rehabilitación	19
5.2. Prácticas de renovación.....	22
6. LA TOMA DE DECISIÓN: CUÁNDO Y CÓMO HACER RRAF	27
6.1. Explicación de los indicadores económicos que se usan para tomar decisiones	28
6.1.1. Flujo de Caja (Por simplicidad, ganancias netas).....	28
6.1.2. ¿Cuándo hacer RRAF desde el punto de vista económico?	28
6.1.3. ¿Cómo se transforman las ganancias futuras en valores actuales?	29
6.1.4. Valor Actual Neto (VAN).....	30
6.1.5. Otros indicadores financieros.....	30
6.2. Uso de la herramienta de este manual para la toma de decisión de RRAF	31
6.2.1. Descripción del sitio donde se hará la RRAF	31
6.2.2. El sistema agroforestal de cacao (SAF) defensor	32
6.2.3. El sistema agroforestal de cacao (SAF) retador	43
6.2.4. Comparación entre el SAF defensor y el SAF retador	50
6.2.5. La decisión para hacer RRAF total de todo el cacaotal.....	51
6.2.6. La decisión para hacer RRAF del cacaotal por partes	55
7. ALCANCES Y CONSIDERACIONES DEL MANUAL Y DE LA HERRAMIENTA	59
REFERENCIAS	62

I. INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial anual de grano de cacao en los últimos nueve años (cosecha 2011/2012 hasta cosecha 2019/2020) varió entre 3943 – 4787 millones de toneladas, con un promedio anual de 4351 millones de toneladas de grano seco; de las cuales el 76.2% viene de África, 17.5% de América y 6.3% de Asia y Oceanía (ICCO, 2021). Si suponemos un rendimiento anual promedio de 500 kg/ha, se estima en 8.7 millones de hectáreas, la superficie total de cultivo en fase productiva (se excluirían los cacaotales de menos de 4-5 años que estarían aún en fase pre-reproductiva o apenas comenzando a cosechar). Adicionalmente, acorde con FAO (2021), para el 2019 existían 12.1 millones de hectáreas cultivadas con cacao a nivel global, con marcadas diferencias entre regiones: 8.61 millones de hectáreas en África, 1.744 millones en América y 1.743 millones de hectáreas en Asia. En los últimos 30 años, el área de producción en África ha incrementado a una tasa anual promedio de 3%; mientras que América y Asia, este incremento ha sido de 1% y 5% anual, respectivamente.

La superficie total cultivada con cacao parece estar estable en el tiempo, pero esto no significa que los mismos espacios geográficos se mantienen cultivados con cacao año tras año, ya que hay áreas cultivadas con cacao que se transforman en otros usos de la tierra (e.g., cacaotales convertidos a potreros o campos de cultivo de granos básicos o son abandonados) al tiempo que otras tierras son transformadas en cacaotales (e.g., bosque o pastizal convertidos en cacaotal). Los agricultores prefieren establecer nuevos cacaotales en terrenos “descansados”, usualmente bajo cubierta forestal existente para aprovechar la fertilidad de los suelos y garantizar sombra temporal rápida y barata. En la actualidad, la sociedad global impone límites severos a los efectos ambientales de la producción cacaotera mundial y esto ha resultado en iniciativas público – privadas (entre los gobiernos/sector cacao de los principales países productores con las grandes industrias chocolateras que compran el cacao) para evitar la deforestación y las emisiones de carbono a la atmósfera asociadas con la expansión del cacao (WCF, 2021). El cultivo del cacao puede actuar, en cuestión de décadas, como agente de deforestación o de reforestación y esta dualidad ha sido analizada por varios autores (Orozco-Aguilar et al., 2021; Somarriba & Lopez-Sampson, 2018).

El cacao es un cultivo migratorio, a varias escalas espaciales y temporales. A la llegada de los españoles a América en el siglo XV, el principal centro de cultivo del cacao era el Soconusco (lo que hoy es el Estado de Chiapas, México). Este centro de producción luego se desplazó al Ecuador y de allí a Venezuela, a Brasil y también a África y Asia, y en cada país, ocurren desplazamientos y migraciones internas entre diferentes zonas del país (Somarriba & Lachenaud, 2013). Las migraciones, los frentes de expansión del cultivo, y los ciclos de expansión – contracción de las zonas de cultivo del cacao ha sido estudiado ampliamente en África y Asia (Clough et al., 2009). Los impulsores de la expansión – contracción del cacao en América tropical no han sido estudiados adecuadamente. Sabemos que, en Brasil, la zona tradicional de cultivo del cacao en Bahía, con más de 150 años de cultivo, se mantiene con tendencia a la baja, mientras que se está expandiendo el cultivo del cacao (reemplazando pastizales) hacia la región del Cerrado (más seca que la zona de producción actual en Bahía) y Pará. En los otros países productores de cacao de la cuenca amazónica (Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia) el cultivo del cacao se expande hacia la región amazónica, a veces reemplazando potreros o cultivos poco rentables, a veces reemplazando bosque tropical maduro. Las zonas tradicionales de cultivo en Ecuador, Colombia y Venezuela, Bahía-Brasil, al igual que países centroamericanos, México y República Dominicana, se mantienen sin cambios o con tendencia a la baja, producto de las dinámicas internas de envejecimiento de los cacaotales y las familias productores en los antiguos frentes de expansión donde el cacaotal y la familia envejecen juntos (Ruf, 1995).

El rendimiento del cacao depende de la edad de la planta, la calidad del sitio y el manejo agroforestal. A pesar de la importancia de conocer la estructura de edades de los cacaotales para estimar los rendimientos y tomar decisiones de rehabilitación y renovación, desafortunadamente, no sabemos qué proporción de los cacaotales de cada categoría de edad está siendo renovada o rehabilitada en las grandes regiones productoras del mundo, en cada país y en las diferentes zonas productoras de cada país. De igual manera, no contamos con esta información sobre la producción cacaotera de América tropical.

La necesidad de rehabilitar y renovar las plantaciones de cacao es un tema recurrente en los planes sectoriales de cada país. Es además una necesidad costosa que debe acoplarse con financiamiento nacional o internacional para impactar significativamente en la producción de un país o región. Los especialistas en agronomía del cacao han diseñado protocolos para ayudar a los productores, gobiernos, banca y donantes a decidir sobre si es necesario rehabilitar o renovar los cacaotales de una finca, zona, región, país o global. En este manual mostramos que estos protocolos se enfocan exclusivamente en las densidades, edades y rendimientos de las plantas de cacao sin tomar en cuenta que una gran parte de los cacaotales del mundo se cultivan bajo un dosel de sombra arbórea cuyas especies se escogen precisamente porque proveen bienes y servicios valiosos (madera, fruta, leña, fibra, etc.) a la familia productora o empresa (Cerde et al 2014); por tanto, cualquier decisión sobre rehabilitar o renovar debería involucrar estos otros componentes productivos del cacaotal agroforestal.

La industria chocolatera mundial ha anunciado que para el año 2020 todo el cacao requerido debe proceder de cacaotales bajo certificación sostenible, estableciendo un rendimiento mínimo de 400 kg/ha. Centroamérica, el Caribe y varios países de la región andina, con rendimientos promedios alrededor de 350 kg/ha/año, quedará eventualmente fuera de este mercado si no eleva sus niveles de productividad. En Centroamérica y la Región Andina, muchos cacaotales son viejos y poco productivos, las plagas y enfermedades y los cambios en el clima están afectando negativamente la producción y calidad del cacao, lo cual ha forzado a algunos productores a abandonar sus cultivos e incluso, sus fincas. La renovación y rehabilitación agroforestal de las fincas representa una solución práctica para contrarrestar estos retos y es vital para asegurar la longevidad del sector cacao sin perjudicar a los frágiles ecosistemas forestales.

Justificación

La rehabilitación y renovación agroforestal (RRAF) de los cacaotales es un proceso necesario y costoso que debe ser planificado con base en el conocimiento científico de los procesos demográficos (cambios o dinámica de las poblaciones de plantas de cacao y de los árboles acompañantes) que ocurren simultáneamente con el cacao y las diferentes especies y poblaciones de árboles útiles en el dosel de sombra. Productores y técnicos del sistema de extensión deben conocer los modelos y protocolos para tomar decisiones de RRAF y ser capaces de interactuar con el sistema bancario usando información creíble que reduzca el riesgo de las inversiones, tanto para los productores como para la banca. Se necesita contar con instrumentos de capacitación y enseñanza que muestren a productores, técnicos, decisores y financiadores los elementos esenciales para entender la lógica productiva del sistema agroforestal como un activo biológico perenne que debe eventualmente ser reemplazado por un nuevo activo, usualmente, uno más productivo o superior en algún aspecto determinante. Este Manual y su herramienta en Excel son un paso en esta dirección.

Este manual tiene énfasis y presenta ejemplos aplicados a cacaotales, sin embargo, también puede ser utilizado para cafetales.



II. DEFINICIÓN DE LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN

2. DEFINICIÓN DE LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN

- **Rehabilitar.** Se define como la regeneración de la capacidad productiva de los árboles de cacao que mantienen características agronómicas que indiquen que aún son potencialmente productivos, mediante podas (parciales o totales), resiembras, fertilización y riego, etc. La rehabilitación de cacaotales se hace en aquellas plantaciones que han sufrido una baja en su producción, por: enfermedades y ataque de plagas; abandono; uso de materiales genéticos improductivos y susceptibles; baja fertilidad del suelo; mal manejo de la arquitectura de la planta (crecimiento desmedido o mala forma de las copas); o deterioro del dosel de sombra (Quiroz & Amores, 2002).
- **Renovar.** Es el reemplazo del cacaotal existente por uno nuevo, con material genético mejorado, más productivo, en el mismo sitio, aprovechando generalmente la sombra predominante (Enríquez & Paredes, 1978; Vaz, 1995). La renovación puede ser total con la eliminación de toda la plantación vieja o improductiva para establecer el cacaotal nuevo, o la renovación puede ser gradual mediante el reemplazo de la plantación por partes a través de los años. Esta decisión es tomada una vez que el resultado del diagnóstico del cacaotal indica que la plantación existente no responderá a un proceso de rehabilitación que mejore la producción.

III ENFOQUES Y MODELOS DE REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN



3. ENFOQUES Y MODELOS DE REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN

Hay al menos cuatro enfoques para realizar renovación y rehabilitación en cacaotales:

Un primer enfoque muy usado en África y Asia propone evaluar tres criterios “técnicos del cacaotal” como elementos clave para la toma de decisiones: 1) árboles menores a 40 años, 2) densidad de siembra mayor a 625 plantas/hectáreas y 3) rendimiento medio menor a 275 kg/ha/año (equivalentes a 550 libras de cacao/manzana). Si estos tres criterios se cumplen se sugiere **Rehabilitar** el cacaotal mediante prácticas como poda severa de copas y la injertación de árboles improductivos. Por otro lado, si los tres criterios descritos están por debajo/encima de estos límites críticos se propone **Renovar** la plantación resemebrando los árboles viejos e improductivos por lotes en función de la capacidad técnica y de inversión del productor o gerente de la finca (Figura 1).



Fuente: adaptado de (Matlick et al., 1999)

Figura 1. Ejemplo de Árbol de decisión sobre rehabilitar o renovar

Un segundo enfoque muy usado en Ecuador y Colombia, propone un diagnóstico agronómico inicial que presta especial atención a factores propios del establecimiento del cultivo, como clima y suelo, material genético, edad y densidad de siembra y sanidad de la plantación (Figura 2). También se considera el manejo dado a la planta en sus primeros estadios, pues las consecuencias de haber establecido el cultivo en un medio marginal (poco apto para cultivar cacao), limita la respuesta a las prácticas conjuntas (Ampofo et al. 1987). A partir del diagnóstico se sugieren intervenciones para rehabilitar o renovar, las cuales incluyen descope, recepas, reemplazo de árboles improductivos y/o viejos usando varias técnicas de injertación, resiembras para “densificar” la parcela, siembra de nuevas plantas de cacao y sustituir gradualmente el material envejecido (Quiroz & Amores, 2002; FEDECACAO, 2005; ANECACAO, 2007).

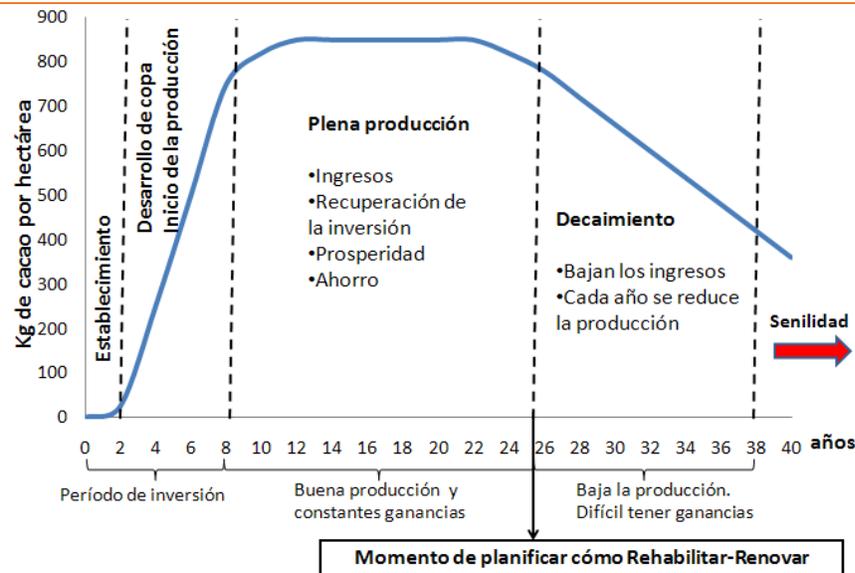
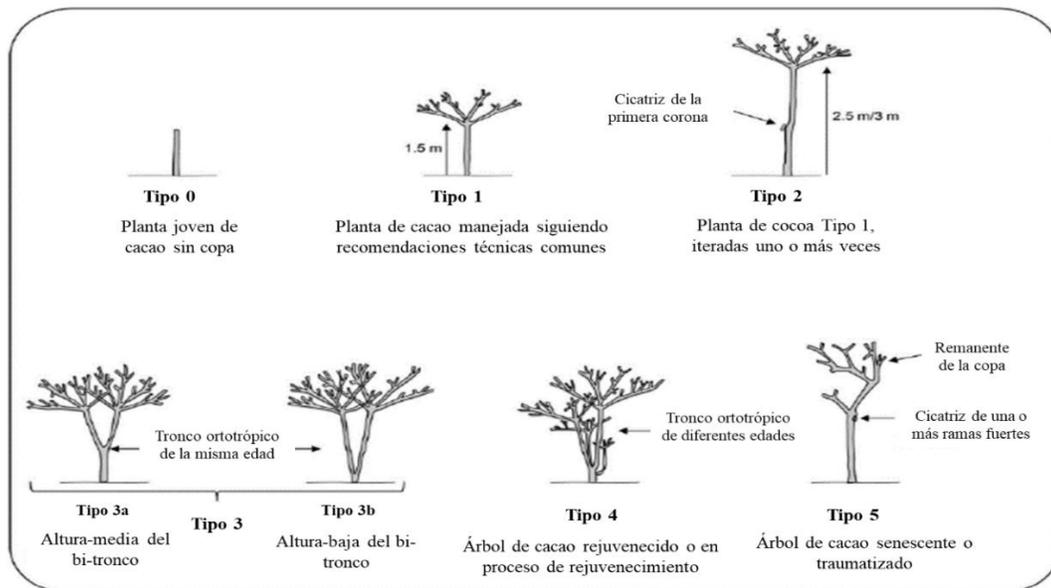


Figura 2. Modelo hipotético para la toma de decisiones de RAAF en cacaotales.

El tercer enfoque proviene de los países del oeste africano donde se produce entre el 65-75% del cacao a nivel global. Este enfoque propone, además de los criterios técnicos/agronómicos sugeridos por los enfoques 1 y 2, evaluar la “forma o arquitectura” y el área basal que ocupan las plantas de cacao y los árboles de sombra como indicadores del estado productivo, sanitario y de envejecimiento de la plantación (Figura 3). El enfoque propone “diagnosticar” el cacaotal midiendo el diámetro, sanidad, altura y forma de las plantas de cacao para evaluar su grado de deterioro y se complementa con entrevistas a los productores para indagar sobre el manejo y las expectativas para iniciar la rehabilitación y renovación. Las intervenciones correctivas incluyen la densificación, el rejuvenecimiento de las copas y el reemplazo de árboles de cacao con “tejido productivo” deteriorado y por tanto improductivos (Jagoret et al., 2011; Jagoret et al., 2012; Jagoret et al., 2017).



Fuente: Adaptado de Jagoret et al. (2018)

Figura 3. Evaluación del tipo de arquitectura de plantas en cacaotales tradicionales de África.

Un cuarto enfoque es el que proponemos en este manual, un enfoque de rehabilitación y renovación que en su análisis incluye las características, costos de manejo y beneficios del cultivo principal (como cacao o café) y de la vegetación asociada (otras plantas, arbustos, árboles, palmas) de un sistema agroforestal. Consideramos que este enfoque es necesario para buscar beneficios integrales para la familia del productor, su finca y el ambiente. Consiste en entender los factores bióticos que influyen en el desarrollo del cultivo principal, estimar la producción de los diferentes componentes agroforestales y en usar indicadores económicos que reflejen el desempeño integral del sistema para determinar cuándo hacer intervenciones. Este enfoque tiene soportes científicos-técnicos revisados recientemente (Somarriba et al., 2021) y en un modelo y herramienta que proveen los elementos necesarios para tomar la decisión de cuándo empezar una rehabilitación y renovación agroforestal (RRAF), ya sea completa o por partes. Este modelo se describe en la siguiente sección.



IV. EL MODELO REHABILITACIÓN Y • RENOVACIÓN AGROFORESTAL (RRAF)



4. EL MODELO REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN AGROFORESTAL (RRAF)

En la jerga de la renovación de activos o bienes (biológicos o no) se habla del reemplazo de un activo, llamado “defensor”, por otro llamado “retador”. En el mundo del cacao, el productor puede decidir reemplazar su cacaotal actual (defensor) por otro cacaotal igual (defensor con la misma tecnología) o por otro nuevo y usualmente mejor (retador, con innovaciones).

Este manual promueve un modelo de Rehabilitación y Renovación Agroforestal (RRAF) para mejorar los rendimientos de cultivo principal (el cacao) y simultáneamente proveer una serie de servicios ecosistémicos tales como la producción diversificada, secuestro de carbono, calidad de suelos, regulación de plagas, protección de fuentes de agua, hábitat para polinizadores, otros (Somarriba et al., 2021). En ese sentido, la RRAF invita a analizar de forma integral: el re-diseño y el manejo agroforestal de la plantación, y la proyección de los beneficios que darán tanto las plantas de cacao, el intercultivo (en fases iniciales de las intervenciones) y las especies acompañantes que conformarán el dosel de sombra permanente. Esto implica que en los diagnósticos de un cacaotal defensor y en las propuestas de un cacaotal retador, las estructuras de costos e ingresos deben incluir necesariamente los datos de establecimiento-manejo-producción del cultivo de cacao, intercultivo inicial (musáceas, o maíz, o yuca, otros) y de a las especies de servicio (leguminosas), frutales (musáceas, frutas de árboles y palmas) y maderables.

Es justificable y necesario incluir el componente agroforestal porque mejora el valor de la propiedad, y provee bienes y servicios de utilidad directa para la venta, el consumo de la familia o de uso en la finca. Además, la diversificación productiva de los cacaotales para tener ingresos alternativos cuando caen los precios del cacao ha sido una de las recomendaciones más comunes en las épocas de crisis. Los sistemas de producción de cacao y los listados de las especies de sombra utilizadas en varias regiones cacaoteras del mundo han sido descritos en varias publicaciones (P. Jagoret et al., 2014); (Asare et al., 2014) Wessel & Quist-Wessel, (2015). A pesar de su potencial y valor, muchos cacaotales poseen doseles subóptimos o deficientes que impiden al productor, o la empresa, lograr satisfactoriamente sus objetivos.

En cada posible forma de reemplazo de un defensor, la producción y los flujos financieros del cacaotal variarán con el tiempo debido a que tanto el cacao como las especies del dosel de sombra son cosechadas a diferentes edades o momentos. El concepto general es que el rendimiento del cacao y de los árboles de sombra es nulo o muy pequeño en los primeros años de vida, que luego aumenta con la edad hasta alcanzar un período de rendimiento máximo, y luego decrece a medida que la planta envejece. La idea es que, dependiendo del contexto biofísico y socioeconómico, hay un nivel mínimo crítico del rendimiento de cacao y de los árboles (R_{min}), debajo del cual ya no es conveniente mantener el cacaotal y hay que renovarlo (Somarriba et al., 2021). Se supone que el retador es superior al defensor, de modo que los niveles de productividad y rentabilidad del retador serán superiores (R_1) que los del defensor (R_0), como se muestra en la Figura 4.

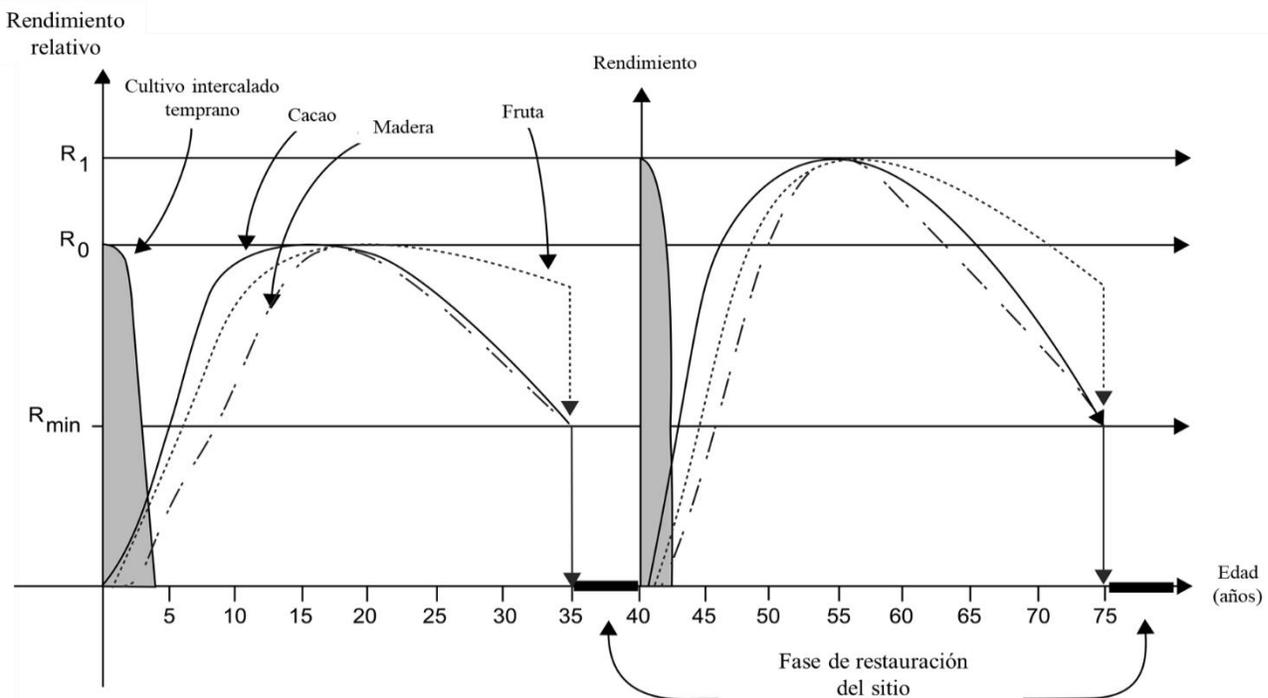


Figura traducida y adaptada de Somarriba et al., 2021.

Figura 4. El modelo idealizado de rehabilitación y renovación agroforestal de cacaotales.

4.1. Relaciones importantes de comprender en un proceso de RRAF

En las siguientes subsecciones describimos cómo son las relaciones esperadas de la productividad del cacaotal con: 1) la edad de la plantación, 2) los arreglos y densidades de siembra, y 3) la tasa de mortalidad natural de los cacaotales. El entendimiento de estas relaciones es importante tanto para reforzar el por qué se debe promover RRAF de cacaotales en cierto momento de su ciclo de vida y para pensar en las mejoras que debería tener un nuevo cacaotal retador que reemplazará al cacaotal defensor.

4.2. Relación de la productividad con la edad del cacaotal

La productividad por hectárea es una función del número de plantas y del potencial productivo que tiene cada planta de cacao durante el transcurso de su vida, la cual tiene que ajustarse por la mortalidad anual esperada. Por tanto, para entender cómo proyectar la productividad por unidad de área (rendimiento) es importante entender cómo se comporta la productividad de una planta en el tiempo. En la Figura 5 se ilustra una curva de productividad teórica en función de la edad de la planta, la cual no está limitada por nutrientes, agua, salud y luz solar (Ryan et al., 2009). En los años de establecimiento no hay producción o es muy baja, los subsiguientes años la producción incrementa de manera exponencial hasta llegar a un pico (año ocho en este caso). Luego de ese pico la producción de la planta cae gradualmente y a partir del año 20 la producción ya cae por debajo de la mitad de su potencial de producción. Así, la forma de la curva en Figura 5 representa el comportamiento general de la producción para las etapas de crecimiento, plena producción, y decrecimiento de la producción.

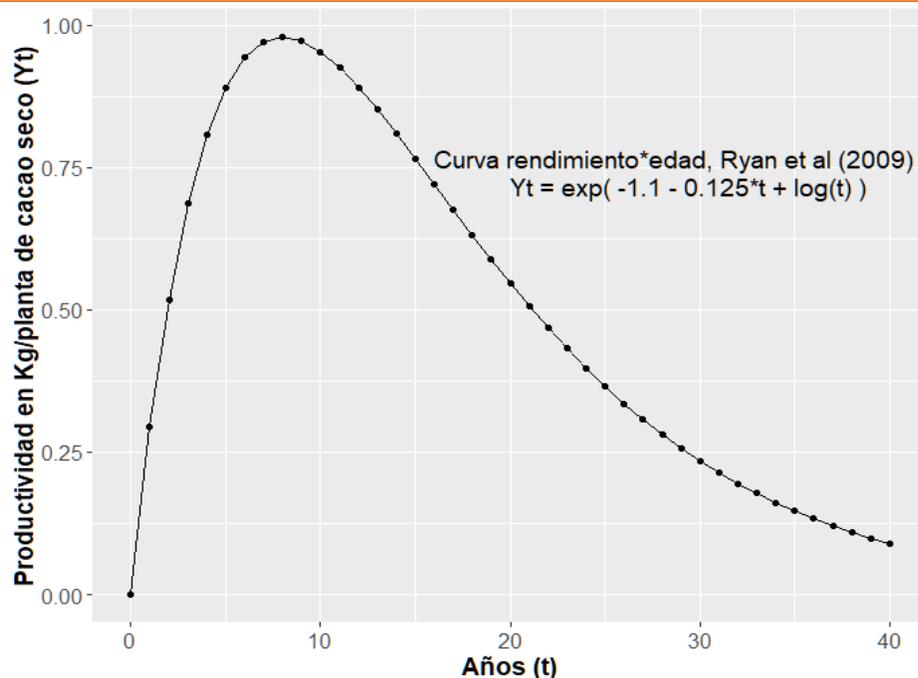


Figura 5. Curva de evolución de la productividad (kg/planta) en función de la edad (años).

4.3. Relación productividad vs densidad

La producción por unidad de área (rendimiento) a través del tiempo a diferentes densidades de cacao es poco conocida. Si no se considera el efecto de la edad, la evidencia experimental indica que los rendimientos por hectárea aumentan con la densidad de siembra (Armstrong, 1976; DIAS et al., 2000; Pacheco et al., 2003; Kowal, 1959; Smith, 1960; Souza et al., 2009; Mooleedhar, 1990). Por ejemplo, si estimamos el rendimiento por planta con densidades de 700, 900 y 1100 árboles de cacao/ha, y suponemos que no hay mortalidad, la producción por hectárea se comportaría como se presenta en la Figura 6. La densidad de 1100 árboles/ha generaría la mayor producción, seguida por la densidad de 900 árboles/ha. Los ecólogos, forestales, agrónomos y agroecólogos han estudiado ampliamente la densidad de plantación que maximiza la producción por hectárea, los cuales concluyen que a medida incrementan la densidad/ha, la competencia entre árboles incrementa, reduciendo la producción por árbol, pero incrementando la productividad por hectárea. Si la densidad de plantación sigue incrementando la productividad por hectárea puede converger a un valor máximo o decrecer por efecto de competencia excesiva entre plantas (Somarriba et al., 2021; Yahuza 2011; Panik 2013).

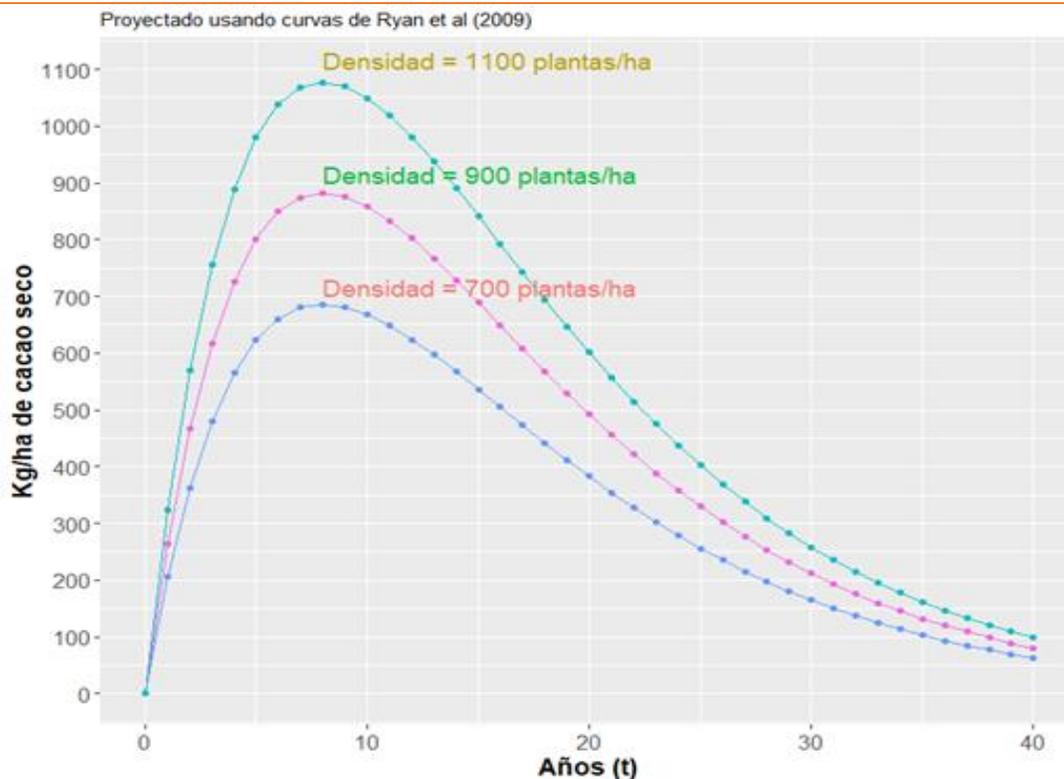


Figura 6. Relaciones de productividad y edad según tres densidades de siembra.

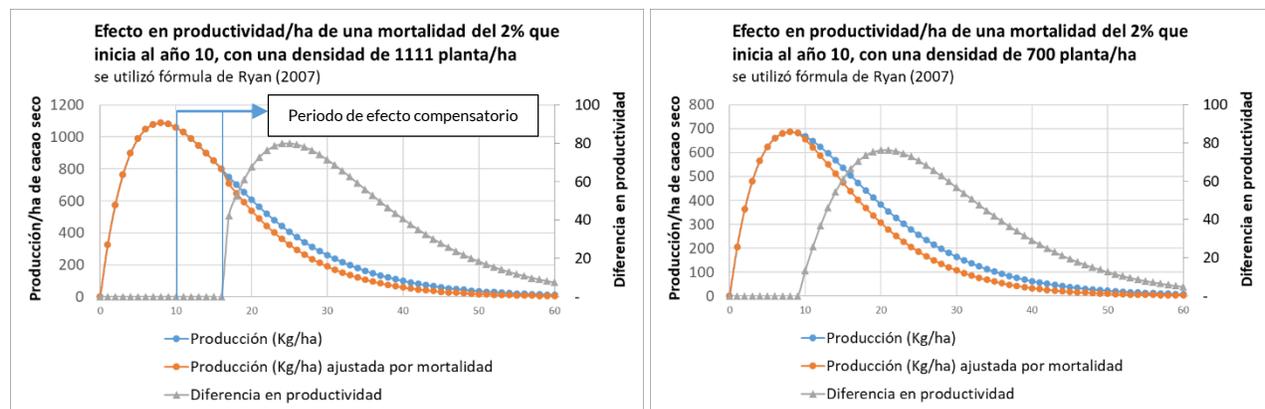
Sin embargo, la evidencia técnica de campo indica que la productividad para densidades de siembra similares se expresa de forma variada según la edad, condiciones de sitio y manejo del cacaotal. Veamos unos ejemplos:

- Lockwood & Yin (1996) evaluaron 95 clones sembrados en **Malasia** a diferentes densidades en el rango de 1096-3333 plantas/ha durante los primeros 5 años luego de establecimiento. Encontraron que los clones con mayor vigor se desempeñaron mejor a densidades cercanas a las 1100 plantas/ha, mientras que los clones más débiles se desempeñaron mejor a densidades altas.
- En **Trinidad**, Mooleedhar V (1990) observó un aumento del rendimiento por hectárea cuando la densidad del cacao en los cacaotales jóvenes aumentó de 748 a 2990 plantas/ha.
- En **Ghana**, Alvim (1964) y Smith (1960) evaluaron densidades entre 474 - 6726 plantas/ha y demostraron que la densidad óptima en término de productividad fue de 1977 plantas/ha.
- Wood (1964) demostró que encima de 4448 plantas/ha la competencia suprime los árboles de cacao y reduce la producción de mazorcas, el autor sugiere manejar densidades de 2000-2500 plantas/ha.
- En **Camerún central**, Jagoret et al. (2017) mostró que los mayores rendimientos de cacao (más de 1000 kg/ha) se obtuvieron con 1568 árboles de cacao/ha. En este estudio, el rendimiento disminuyó a medida que aumentaba la densidad de plantas de cacao, pero también parecía ser muy dependiente de la densidad de los árboles asociados, que fue de 155 árboles/ha en las fincas de cacao más productivas.
- En Bahía, **Brasil**, se obtuvieron rendimientos más altos a densidades más altas en el rango de 1000 a 5000 árboles/ha. Sin embargo, utilizar la densidad máxima de siembra de cacao no siempre es posible porque también aumenta la incidencia de enfermedades (Dias et al., 2000); (Souza et al., 2009), la inversión del establecimiento y los costos de mantenimiento (Armstrong KB, 1976).

4.4. Relación productividad por área vs mortalidad natural vs densidad

Dentro de cierto rango de densidad, la mortalidad natural no reduce significativamente los rendimientos de cacao porque el espacio del dosel liberado por los árboles de cacao muertos es rápidamente explotado por los árboles de cacao vecinos, que alcanzan un mayor rendimiento por árbol y que compensa la pérdida de rendimiento de los árboles muertos (Bastide et al., 2008; Smith, 1960; Vernon, 1971). Este patrón se mantiene hasta que las copas de los árboles residuales ya no pueden llenar el espacio liberado por la mortalidad y su mayor rendimiento por árbol ya no compensa el rendimiento perdido por la mortalidad natural (Laryea, 1969; Smith 1960). Por ejemplo, en una plantación industrial de cacao en Indonesia, inicialmente plantada a 1250 árboles/ha, los efectos compensatorios todavía están operativos a los 20 años, cuando la densidad ha caído a 835 árboles/ha (Bastide P, 2008). Vernon (1971) cita una densidad de 950 árboles/ha como el límite por debajo del cual el rendimiento disminuye con la reducción de la densidad de la población residual.

El efecto de la mortalidad natural sobre la productividad es más marcado en sistemas de baja densidad de cacao (Urquhart, 1961; Vernon, 1971; Charles, 1961). Por ejemplo, si comparamos el efecto de una tasa de mortalidad del 2% en la productividad de dos sistemas (uno sembrado a 1111 plantas/ha comparado con otro sembrado a 700 plantas/ha) a partir del año 10, no afecta la productividad del sistema de alta densidad sino hasta el año 16, mientras que para el sistema de baja densidad la pérdida en productividad por ha es inmediata (Figura 7). Esta diferencia entre ambos escenarios es resultado del efecto compensatorio, el cual se logra en altas densidades, pero no en bajas densidades.



La pérdida en productividad se visualiza en el eje derecho y está denominado (diferencia en productividad, curva gris). La curva azul indica productividad por ha en ausencia de mortalidad (eje izquierdo); la curva naranja incluye mortalidad.

Figura 7. Efecto de la mortalidad en la productividad en sistemas de baja y alta densidad de cacao.

El efecto compensatorio es importante entenderlo ya que influye en mantener la productividad por hectárea en caso de sucesos de mortalidad. Sin embargo, para plantaciones establecidas a densidades óptimas, siempre es recomendable reemplazar los espacios vacíos por nuevas plántulas ya que esto contribuye a mantener o mejorar los ingresos del productor. En la práctica, la mayoría de los productores de cacao rejuvenecen continuamente sus cacaotales replantando los sitios vacíos y manejando los tejidos vivos/productivos de los árboles remanentes (Jagoret et al.2011, 2017b).

4.5.El proceso de RRAF

La RRAF conlleva tres grandes procesos: 1) la restauración del sitio para el establecimiento del nuevo cacaotal, 2) cultivo intercalado temprano a utilizar y 3) desarrollo del dosel de sombra. Se ejecutan luego de analizar y decidir las variedades de cacao, especies de sombra, densidades de siembra, arreglos o patrones de plantación y el manejo que se dará al nuevo cacaotal que reemplazarán al cacaotal viejo. Es importante tener en mente qué implica cada proceso para planificar la mano de obra y costos (insumos, materiales), y los ingresos que podrían amortiguar esas inversiones. A continuación, se explica dichos procesos.

4.6.Proceso 1: Restauración del sitio

El ciclo de renovación comienza con un período de restauración del sitio y preparación para la siembra del cacao, sombras temporales, árboles frutales y árboles maderables. La preparación del sitio puede incluir cortar y quitar toda la vegetación, movimiento o nivelación del terreno, terraceo, ahoyado, etc. Esta es, probablemente, la actividad más costosa del ciclo productivo debido a los requerimientos de mano de obra, equipos, maquinaria y supervisión técnica. Por esa razón, muchos agricultores prefieren establecer un nuevo cacaotal en terrenos forestales recientemente talados debido a una mejor fertilidad del suelo y para evitar la carga de eliminar las plantas de cacao viejas y restaurar la fertilidad del suelo.

4.7.Proceso 2: Cultivos intercalados tempranos

El intercalado corresponde a la siembra de cultivos de ciclos cortos como yuca, banano, frijoles, maíz, entre otros. Los beneficios directos se reflejan en el consumo de alimentos de los hogares y con la generación de ingresos en efectivo durante la etapa de inversión y/o establecimiento. Los ingresos que generan los cultivos intercalados mejoran la rentabilidad en la producción de cacao en el sentido que pueden amortiguar la inversión en las etapas iniciales de la RRAF. El intercalado también mejora la supervivencia de las plantas de cacao y facilita el crecimiento temprano de las plantas de cacao gracias al desmalezado, fertilización y otras prácticas aplicadas a los cultivos asociados. También se puede considerar como una estrategia para maximizar el uso de la tierra y sacar el mayor provecho económico posible a los primeros años de producción (Adeyemi, 1999). El impacto financiero del cultivo intercalado temprano rara vez (o nunca) se considera al evaluar la necesidad, la viabilidad y los retornos financieros de una renovación de cacao, lo cual tiene implicaciones serias en los resultados financieros de un sistema agroforestal, resultando en mejor rentabilidad aquellos que generan mayores beneficios durante las etapas temprana del cultivo. Por tanto, en un enfoque RRAF es necesario considerar el aporte económico de los cultivos intercalados para tener un panorama real de la contribución de esta etapa para amortiguar inversiones.

4.8.Proceso 3: Dosel de sombra

En un proceso de RRAF es importante dar atención y manejo adecuado tanto al cacao como a las especies que conformarán el dosel de sombra (musáceas, frutales, maderables, árboles de servicio, etc.) para asegurar un buen crecimiento y uniformidad en la estructura de la plantación como un todo. Hay que considerar la dinámica de la sombra a través del tiempo para evitar una cobertura excesiva que resultaría perjudicial para la producción y desempeño financiero del cacaotal (Somarriba, E & Quesada, 2005). Blaser et al. (2018) determinaron que niveles de sombra alrededor del 30% generan un efecto predominantemente positivo en las plantas de cacao en comparación con cacaotales sin sombras. Adicionalmente, se generan beneficios adicionales para el secuestro de carbono, conservación de la biodiversidad y adaptación al clima. Sin embargo, a medida incrementa la cobertura de sombra encima del 30%, los beneficios productivos del cacao se reducen mientras se incrementan los beneficios de biodiversidad y mitigación del cambio climático.



V. PRÁCTICAS CULTURALES PARA HACER • REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN



5. PRÁCTICAS CULTURALES PARA HACER REHABILITACIÓN Y RENOVACIÓN

En las subsecciones siguientes se presenta brevemente las principales prácticas agronómicas que se aplican al momento de hacer rehabilitación y renovación. No se entra en detalles ya que son prácticas conocidas; pero se presentan fotos para que los técnicos con menos experiencia tengan una buena idea de la aplicación de cada práctica.

5.1. Prácticas de rehabilitación

Descope: Esta práctica consiste en realizar una poda fuerte en el árbol de cacao cortando 70% o más de la copa, estimulando la formación de nuevos brotes plagiotrópicos (ramas) los cuales serán seleccionados y formados para construir nuevas ramas de la copa renovada. Se debe realizar en árboles con una altura mayor a 4 m y con una copa muy densa (Figuras 8, 9 y 10).

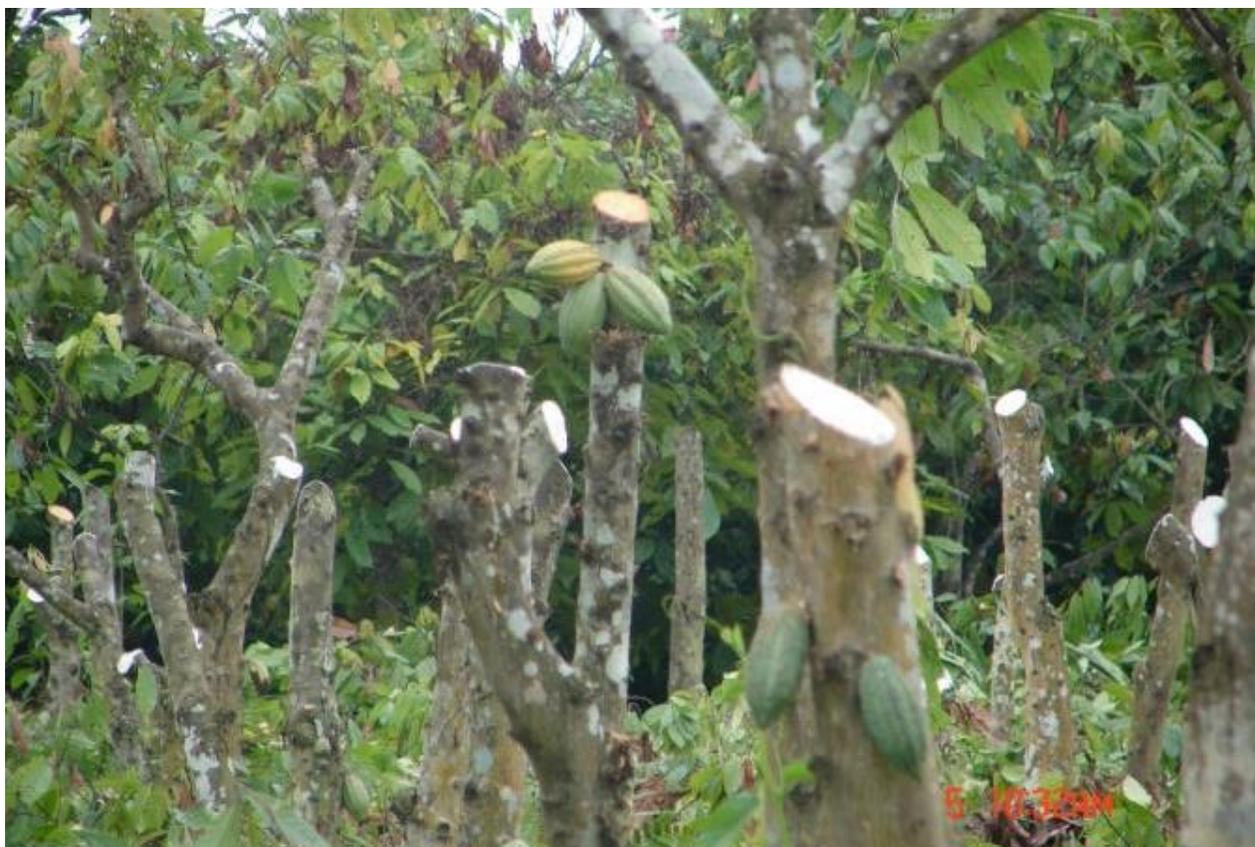


Foto tomada por Eduardo Chavez Navarrete-ESPOL.

Figura 8. Práctica de bajar la copa para rehabilitar cacaotales en Guayaquil, Ecuador.



Foto tomada por Eduardo Chávez Navarrete-ESPOL.

Figura 9. Eliminación de ramas viejas, enfermas e improductivas para rehabilitar cacaotales.



Foto tomada por Eduardo Chávez Navarrete-ESPOL, Ecuador.

Figura 10. Productor con podadora de altura para rehabilitar cacaotales semi-abandonados en Guayaquil.

Recepa: Esta práctica es aplicada en árboles viejos (>30 años) y en aquellos que sean improductivos y/o muy susceptibles a enfermedades, aunque sean árboles jóvenes. Consiste en cortar el tallo principal a diferentes alturas a partir del nivel del suelo, para luego seleccionar dos brotes de crecimiento ortotrópico (chupones de crecimiento vertical) para empezar a formar el árbol desde su base o a su vez puedan ser injertados con material genético recomendado. En la Figura 11 se muestra dos plantaciones de cacao a las cuales se le aplicó recepa para rehabilitar el tejido. La Figura 12 muestra el resultado de este tipo de manejo.



Foto tomada de Quiroz y Amores (2012).
Figura 11. Árboles de cacao recepados.



Foto tomada por Cristian Noboa-ANECACAO-Ecuador.

Figura 12. Árboles de cacao en producción luego de recepados e injertado con un nuevo tejido.

Rehabilitación por selección de chupones: Se seleccionan chupones vigorosos y bien distribuidos, una vez estos inicien su primera floración se procede a realizar una poda fuerte al árbol para facilitar la entrada de luz.

Resiembras: Consiste en completar o aumentar la densidad de siembra en espacios que fueron generados por la muerte de árboles o un error en la siembra inicial.

5.2. Prácticas de renovación

Reemplazo de árboles con nuevas plantas de vivero: Consiste en seleccionar los árboles de baja producción, afectados por enfermedades y reemplazarlos con plantas nuevas para en un futuro tener árboles con mayor vigorosidad y calidad; es importante realizar esta práctica en inicio de la época lluviosa (Figura 13).



Foto tomada por Maria José Borda-CATIE-Costa Rica
Figura 13. Nueva planta de cacao que crecerá en reemplazo de un árbol viejo o improductivo.

Renovación con el método Turrialba: Este método consiste en aprovechar los árboles viejos de cacao como sombrío temporal para los árboles nuevos que se van a sembrar; este método es recomendado para pequeños productores con poco recurso económico que pueden seguir aprovechando la producción de esos árboles y se reducen los costos en comparación a una renovación total” (Dubon, A., & Sánchez, 2016). Ver Figura 14.



Foto tomada de Dubon y Sánchez (2016)

Figura 14. Renovación método Turrialba: Árboles nuevos reemplazando árboles de cacao viejos.

Método por injertación en chupón basal: Esta técnica de renovación se realiza en chupones basales (al pie del tronco), seleccionando el brote más cercano posible al suelo para ser injertado con yemas del material de interés para sustituir la plantación. El chupón debe ser vigoroso y la corteza debe tener un color marrón claro, propio de un chupón joven. La vareta del clon a injertar debe estar lo más fresca posible; el injerto puede ser de parche o ventana o bien de púa central. En la Figura 15 se muestra las nuevas copas en crecimiento luego de ser injertada con los chupones basales de los árboles que se van a cortar en el futuro.



Foto tomada de Quiroz y Amores (2012).

Figura 15. Nuevas copas de cacao en crecimiento luego de injertadas en chupones basales.

Método de renovación de copa por injerto de púa lateral: esta técnica se utiliza en árboles adultos con troncos gruesos, para poder colocar hasta dos púas (varetas con varias yemas) alrededor del tronco (Figura 16).



Fotos tomadas de Dubon y Sánchez (2016)

Figura 16. Injertos en troncos gruesos para renovar copas.

mocca | Maximizando Oportunidades
en Café y Cacao en las Américas



VI. LA TOMA DE DECISIONES: CUANDO Y COMO HACER RRAF

6. LA TOMA DE DECISIÓN: CUÁNDO Y CÓMO HACER RRAF

El cacaotal es un sistema de producción diseñado y manejado para lograr los objetivos de la familia productora o de la empresa cacaotera. Los productores y los gerentes de las empresas evalúan los beneficios de cada práctica de manejo que aplican al cacaotal, en términos de cómo y cuánto los beneficios de la práctica le acercan al logro de sus objetivos. La rehabilitación y renovación es una práctica costosa que involucra tomar decisiones hoy, esperando cierto comportamiento productivo del cacaotal que en el futuro justifique la inversión. La incertidumbre que implica el futuro se traduce en riesgos que influyen en las decisiones del productor o gerente para invertir en un programa de RRAF. Se necesita un sólido conocimiento científico y técnico sobre el comportamiento biológico y agroforestal del cacaotal y de todos sus componentes individuales y también, buenos modelos conceptuales e instrumentos analíticos para medir, evaluar y reducir la incertidumbre y el riesgo inherentes a RRAF.

En este manual se presenta una herramienta en Excel basada en el modelo RRAF, para el análisis y optimización financiera del sistema. Estos insumos nos permiten responder a dos preguntas importantes y generan información relevante:

- ¿Cuándo es el momento óptimo (año) para empezar la RRAF total de un sistema defensor con un determinado sistema retador?
- ¿Cuándo es el momento óptimo (año) para empezar la RRAF y en cuántos años podríamos hacerlo si queremos hacerlo gradualmente?
- La utilización de la herramienta también genera información útil que el mismo usuario construye. Por ejemplo, al proponer un sistema retador (estructura del sistema y cantidad de insumos a utilizar), tendrá el dato de cuál es la inversión que necesita para el establecimiento del sistema nuevo, cómo se visualizan los costos en el tiempo, cuánto de ingresos le generará cada componente del sistema, cómo son las ganancias netas en el tiempo. En función de los resultados, el técnico puede reestructurar el sistema retador basado en los principios técnicos agronómicos, condiciones de mercado y los resultados económicos deseados.

En este manual y su herramienta partimos del supuesto que el objetivo del productor es maximizar el valor presente de las ganancias futuras, lo cual es un supuesto ampliamente utilizado para solucionar el problema de cuándo reemplazar un activo. Por ejemplo, Perrin (1972) utilizó el mismo supuesto para derivar principios de renovación para un activo que se aprecia como una plantación forestal y un activo que se deprecia como un equipo o maquinaria. De igual manera Mahrizal et al. (2014) determinó el tiempo óptimo para iniciar la renovación y la tasa de reemplazo óptima en una plantación de cacao en Ghana; Faris (1960) realizó supuestos similares para determinar los principios para renovar ganado de engorde, producción de madera y melocotón; Ward & Faris (1968) calculó bajo escenario de incertidumbre en precios y productividad, la edad óptima para reemplazar plantaciones de ciruela; Kotagama et al. (2014) y Azman & Mohd Noor (2002) usaron el mismo supuesto para determinar los tiempos óptimo para renovar palma aceitera.

La herramienta trabaja con datos de insumos, materiales, mano de obra y sus costos, y de producción agroforestal y precios que declara el usuario para un periodo de 30 años.

- Para fines de proyección de costos de inversión, se parte del supuesto de que el productor dispone del capital propio o acceso a financiamiento para invertir en la medida que lo demanden las actividades de RRAF, especialmente durante los primeros años cuando el cacao y otros componentes útiles del dosel aún no están en fase productiva.
- La proyección de producción incluye tanto la producción del cultivo principal (cacao) como de la sombra temporal (musáceas, maíz, yuca, otros) y de la sombra permanente (frutas, madera, materiales de construcción, otros) para captar todos los beneficios de un sistema agroforestal.

- Las proyecciones se estiman a 30 años porque se considera un periodo de tiempo en que el cacaotal puede mantenerse en producción, aunque con bajos rendimientos en los últimos años si no se maneja adecuadamente, porque es un periodo de tiempo en el que se puede captar bien la producción de cacao, pero también de frutas y madera, y porque es una edad alrededor de la cual pueden estar una gran cantidad de cacaotales tradicionales en Latinoamérica (buen ejemplo).

Se guiará al usuario para comprender la importancia y aplicabilidad de indicadores económicos, y se proveerá ejemplos de un cacaotal defensor y de un retador para ilustrar la toma de decisión de cuándo y cómo hacer RRAF. Todos los ejercicios estarán plasmados en una herramienta Excel que el usuario podrá utilizar y modificar si quiere adaptarlo a su realidad con sus propios cacaotales defensores y retadores.

6.1. Explicación de los indicadores económicos que se usan para tomar decisiones

Existe una serie de indicadores económicos que en el ámbito agropecuario se usan para la toma de decisiones de inversión, como por ejemplo la relación beneficio/costo, el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), y otros. En este manual utilizamos el VAN como el principal indicador para decidir cuándo y cómo hacer RRAF porque engloba los costos, ingresos y flujos de caja que se reflejan en un tiempo determinado. Por tanto, en las siguientes subsecciones nos enfocamos en explicar qué son y cómo se calculan las variables necesarias (flujo de caja, tasa de descuento, factor de descuento, flujo de caja descontado) para calcular el VAN.

6.2. Flujo de Caja (Por simplicidad, ganancias netas)

Un flujo de caja es el resultado de restarle a los ingresos los costos en los que se incurrió para llevar a cabo la actividad, es decir, es el resultado neto de los flujos de entradas y salidas de dinero en efectivo. Se utiliza para evaluar la viabilidad financiera de proyectos de inversión y son las bases para calcular el VAN y el TIR (Kent & Ammour, 2012; Imbach, 1987). Para productores grandes que tienen deudas, tienen cargas administrativas y pagan impuestos, se debe considerar los gastos administrativos, los intereses, los impuestos, la amortización del préstamo, y los escudos fiscales generados por depreciación. Para productores pequeños, es recomendable hablar de ganancias netas del periodo ya que estos no llevan registros contables (Imbach, 1987).

Etapas del desarrollo del cacaotal que generan los flujos de caja: son varias etapas que vale la pena recordar para comprender cómo influyen en el flujo de caja y otros indicadores económicos. Tenemos un periodo de restauración del sitio y preparación de terreno, el cual es costoso y consume tiempo. Luego viene el establecimiento (siembra de cacao, cultivos intercalados, y plantas para el dosel de sombra) donde el costo de los insumos es relativamente alto. En ese periodo, lo ideal es aprovechar el terreno para generar ganancias netas con cultivos de sombra temporal e intercultivos (banano/plátano, maíz, frijoles, yuca, otros). A medida que el cultivo crece y la sombra aumenta se imposibilita la producción de cultivos anuales, pero empezamos a ver flujos de efectivo por cacao y frutas. Después de varios años, si se sembraron especies maderables vendrá un periodo donde la cosecha de madera también contribuirá al flujo de caja.

6.3. ¿Cuándo hacer RRAF desde el punto de vista económico?

Como se indicó a inicio de la sección 6, el supuesto más simple que podemos hacer para optimizar los tiempos de RRAF es que el productor desea maximizar sus ganancias netas futuras valoradas al día de hoy.

El cacaotal defensor generará flujos de caja futuro, los cuales se deben traer a valor actual (presente). El productor seleccionará un año a partir de hoy en el cual desearía realizar el programa RRAF, lo cual coincide con la edad máxima del sistema viejo que el productor está dispuesto a esperar antes de renovar. Durante el proceso de RRAF, se generan flujos de cajas que típicamente son negativos al inicio. Luego de la inversión para limpiar el terreno y establecer el sistema retador, el productor espera ganancias futuras. Los flujos de caja futuros de cada año, tanto del sistema retador como el defensor, se deben convertir en valores actuales. La sumatoria de estos valores actuales es lo que el productor desea maximizar. Por tanto, el productor debe encontrar el año ideal para hacer RRAF que generará el mayor valor actual neto.

6.4. ¿Cómo se transforman las ganancias futuras en valores actuales?

Para transformar las ganancias futuras en valores actuales se hace la multiplicación de cada ganancia futura (por año) por su correspondiente factor de descuento. A continuación, se presenta en qué consiste el factor de descuento y las variables que lo forman.

Factor de descuento: Es un valor que multiplica cada ganancia neta futura. Este valor varía de 1 a un valor cercano a cero. Por ejemplo, si el factor de descuento en el año dos es de 0.9, eso implica que las ganancias de ese año tienen un valor al día de hoy de 90%. A medida que nos alejamos en el tiempo, el factor de descuento se hace más pequeño, indicando que las ganancias futuras distantes en el tiempo tienen poco valor relativo al día de hoy comparado con las ganancias obtenidas en periodos cercanos. Por tanto, el factor de descuento depende del tiempo y de una variable que se llama tasa de descuento. En el siguiente ejemplo (Cuadro 1), se presentan ganancias futuras hipotéticas por hectárea en el tiempo, donde las ganancias se reducen durante los próximos dos años a partir de hoy, en el año tres no hay ganancia sino una inversión de US\$ 2000, y luego se registran ganancias hasta el año 8. A cada año le corresponde un factor de descuento. En el año 1, las ganancias futuras (US\$ 800) es igual a su valor actual (US\$ 800) ya que en el día de hoy las ganancias tienen un valor del 100%. La ganancia esperada en el año 6 (US\$ 2.500) tiene un valor al día de hoy de solo US\$ 1.866 ya que el factor de descuento indica que dichas ganancias valen 0,746 (74,6%) al día de hoy.

Cuadro 1. Procedimiento para transformar ganancias futuras a valores actuales (US\$)

Año	0 (hoy)	1	2	3	4	5	6	7	8
Ganancias futuras	800	600	400	-2000	1500	2000	2500	2500	2500
Factor descuento	1	0,952	0,907	0,864	0,823	0,784	0,746	0,711	0,677
Valor actual de Ganancias futuras*	800	571	363	-1728	1234	1567	1866	1777	1692

*El valor actual de ganancias futuras es lo mismo que el Flujo de caja descontado, porque es el resultado de multiplicar la ganancia futura por el factor de descuento. Por ejemplo, en el año 4: $1500 \times 0,823 = 1234$

El factor de descuento se calcula con la siguiente ecuación, donde t es el año y r es la tasa de descuento.

$$\text{Factor de descuento en el periodo } t, \text{ } FD_t = \frac{1}{(1+r)^t}$$

Tasa de descuento o costo de oportunidad del capital: Es la rentabilidad alternativa que el productor dejará de percibir por hacer el RRAF. Por ejemplo, suponga que el productor recibe US\$ 700/año por US\$ 10.000 que tiene en una cuenta bancaria, lo cual es equivalente a una rentabilidad de 7% y representa su costo de oportunidad si dejara de percibirlos. Veamos otro ejemplo: un productor tiene varias actividades agrícolas como resultado de una inversión de US\$ 10.000/ha, generando ganancias equivalentes a US\$1.000/ha/año. En este último caso el costo de oportunidad del capital o tasa de descuento es 10% si dejara de percibirlos.

En pocas palabras, la tasa de descuento “r” es lo mismo que costo de oportunidad del capital.

A mayor la tasa de descuento más se castigan los flujos de caja futuro. Esto es relevante porque dentro del universo de productores, hay unos que tienen estructuras de negocios más rentables que otros, lo que resulta en el uso de diferentes tasas de descuento para evaluar los programas de RRAF. Determinar la tasa de descuento apropiada es relativamente difícil, ya que el costo de oportunidad de capital de cada productor es diferente. Se complica aún más con productores de varios rubros en una misma finca, especialmente para pequeños y medianos productores que no llevan registros, no conocen sus ganancias netas anuales y mucho menos el valor de sus activos productivos.

¿Qué tasa de descuento (costo de oportunidad) se puede utilizar si no conoce su costo de oportunidad?

- Como una regla general simplificada, se recomienda utilizar tasas de descuentos en el rango de 8%-15% para proyectos agrícolas ubicados en países en vía de desarrollado (Itty & Bidaux, 1992).
- Otra regla general simplificada es utilizar la tasa de interés que pagaría un banco por certificados de depósito (CD) bancario¹ a largo plazo.

6.5. Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es simplemente la sumatoria de todos los valores actuales de las ganancias futuras (flujos de caja descontados). Tomando como ejemplo los datos del Cuadro 1, el VAN sería US\$ 8.142, calculado como sigue:

$$\text{VAN} = 800 + 571 + 363 + 728 + 1.234 + 1.567 + 1.866 + 1.777 + 1.692 = \text{US\$ } 8.142$$

Entonces ¿Qué significa el VAN?

Se define como el valor actualizado de los flujos netos. Dado que para llegar a su cálculo se considera el costo de oportunidad, el VAN representa las riquezas adicionales que generará la inversión encima de la mejor alternativa de inversión del productor (p.e., rentabilidad que deja un CD). Por ejemplo, los resultados del Cuadro 1 indican que el productor – sin invierte en ese negocio – tendrá una riqueza adicional de US\$ 8.142 comparado con invertir en CD. Si el VAN fuera cero, el productor sería indiferente entre ambas alternativas de inversión. En el escenario que el VAN fuera negativo, el productor no debería invertir ya que colocar su dinero en CD le generaría más riqueza futura.

¿Cuál es la utilidad del VAN en RRAF?

El VAN es útil para comparar y decidir entre varios proyectos que tiene el mismo horizonte de análisis. En el ámbito de este manual, entre varios sistemas agroforestales de cacao que se puedan proponer para hacer RRAF, el sistema que genere el VAN más alto es el que se debe seleccionar, ya que es el que generará la mayor riqueza.

6.6. Otros indicadores financieros

La tasa interna de retorno (TIR) es el retorno o rentabilidad promedio anual que genera el proyecto de inversión (en este caso la inversión en un cacaotal nuevo). Esta se debe comparar con el costo de oportunidad del capital. Para que el proyecto sea viable la TIR debe ser mayor que el costo de oportunidad. La TIR por definición es la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero. Por tanto, para proyectos que son viables según el VAN, la TIR siempre será mayor que el costo de oportunidad. Este valor se calcula automáticamente en la herramienta Excel de este manual.

Ingreso y costos actualizados corresponde a la sumatoria de ingresos o costos futuros actualizado al costo de oportunidad. Se utiliza estos valores con fin de cuantificar la relación beneficio/costo.

Relación Beneficio/Costo (B/C) es literalmente la división de los ingresos actualizados entre los costos actualizados. Por tanto, indica cuando ingresos se genera por cada dólar invertido.

¿Qué indicador usar?

Para decidir entre dos proyectos de inversión, el indicador de excelencia es el VAN (Itty & Bidaux, 1992). Este mide, en términos absolutos, la contribución a la riqueza del productor que hará el proyecto. Los demás indicadores deben utilizarse con fines informativos complementarios de la rentabilidad y de la relación B/C, pero no deberían utilizarse para tomar la decisión de cuál proyecto es financieramente superior.

¹ Un certificado de depósito (CD) es una herramienta de ahorros de bajo riesgo que puede aumentar el monto que gana por interés, y al mismo tiempo mantener su dinero invertido de una manera relativamente segura, para más detalle ver <https://bettermoneyhabits.bankofamerica.com/es/personal-banking/what-is-a-cd-investment>

6.7. Uso de la herramienta de este manual para la toma de decisión de RRAF

En esta subsección, se guía al usuario para el uso de la herramienta Excel que se presenta con este manual:

- La herramienta incluye una serie de hojas con cuadros, figuras y resultados que se generan automáticamente con base en la información que se introduce
- La herramienta viene por *default* con un ejemplo de un sitio hipotético donde se hará RRAF, y con ejemplos de un cacaotal defensor y un cacaotal retador que se utilizan para ilustrar toda la información que se debe introducir
- A partir de esa información, la herramienta genera resultados automáticos que permite apreciar el desempeño financiero (cuadros y figuras) de cada cacaotal en sus etapas de desarrollo
- Finalmente, la herramienta tiene hojas específicas que, a partir de datos adicionales que introduce el usuario, genera cuadros con datos de VAN que permiten tomar la decisión de cuándo iniciar la RRAF, ya sea RRAF total (intervenir todo el cacaotal) o RRAF por partes (intervenir el cacaotal por partes en durante varios años).

En los siguientes acápite, se va mostrando la secuencia de datos/información que se necesita introducir y la interpretación de la información/datos que se generan. Se presentan los cuadros y figuras tal cual son generados por la herramienta a partir de los ejemplos particulares, para que el usuario pueda visualizarlos directamente en este manual.

6.8. Descripción del sitio donde se hará la RRAF

Es importante tener en consideración las condiciones edafoclimáticas del sitio donde se hará la RRAF para poder plantear lo mejor posible las prácticas e insumos que necesitará un determinado cacaotal. En la Herramienta RRAF, el usuario tiene una hoja para colocar datos básicos que describen al sitio. En el Cuadro 2, se presenta un ejemplo de las condiciones del sitio donde se planea hacer RRAF.

Cuadro 2. Descripción del sitio donde se realizará la RRAF

Variable		Respuesta
País		Costa Rica
Nombre de la zona		Turrialba, Cartago
Altitud	Promedio	600
	Mínimo	2000
	Máximo	3500
Lluvia anual		
Número de meses secos por año		4
Listar meses secos		Febrero, Marzo, Agosto, Septiembre
Problemas con viento		Poco
Meses ventosos		Octubre
Nubosidad		Alta
Meses más nubosos		Noviembre, Diciembre, Enero, Abril
Orden de suelos		Inceptisoles
pH agua		5 a 6
Textura		Franco
Topografía (% pendiente)		10 a 50

6.9. El sistema agroforestal de cacao (SAF) defensor

El sistema agroforestal de cacao (SAF) defensor, utilizado como ejemplo en la herramienta de este manual, es un cacaotal tradicional con árboles de cacao plantados a partir de semilla, sembrado a 4x4m (625 plantas/ha), que en su etapa adulta tiene una sombra permanente de árboles maderables de Laurel (*Cordia alliodora*) y Cedro (*Cedrela odorata*), de servicio Guaba (*Inga edulis*), y frutales como Naranja (*Citrus sinensis*) y Pejibaye (*Bactris gasipaes*). Tiene un manejo tradicional con podas, deshierbes y cosechas principalmente, sin fertilización. Las características de este ejemplo de cacaotal defensor fueron propuestas por los autores de este manual con base en sus conocimientos de cacaotales tradicionales de Centroamérica.

Descripción del sistema: en el Cuadro 3 se muestra la descripción de la estructura del sistema agroforestal y su evolución en el tiempo. Note que durante los primeros años se sembró el maíz como cultivo anual; igualmente, se sembró banano cuya densidad se reduce a medida que avanzan los años y se incrementa la producción de cacao.

La estructura del sistema agroforestal, así como la ubicación del sitio son importantes para estimar confiablemente los datos de manejo y el potencial de producción, en caso de que no disponga de los datos exactos.

Cuadro 3. Estructura del cacaotal defensor por etapa de producción Mismo color que texto de cuadro 2?

Componente	Establecimiento		Inicio de producción de cacao		Plena producción de cacao	
	Densidad (Plantas/ha)	Distancias de plantación (m)	Densidad (Plantas/ha)	Distancias de plantación (m)	Densidad (Plantas/ha)	Distancias de plantación (m)
Cacao	625	4x4	625	4x4	625	4x4
Banano	278	6x6	140	6x12	60	na
Anuales (Maíz)	6250	4x0.4	0	0	0	0
Naranja y pejobaye	25	20x20	25	20x20	25	20x20
Laurel y cedro	40	16x16	40	16x16	40	16x16
Árboles de Servicio	40	16x16	40	16x16	40	16x16

Cronograma de actividades: en el Cuadro 4 se presenta un cronograma de actividades para el cacaotal defensor ilustrado en la herramienta de este manual. Note que se anota cada una de las actividades en un orden cronológico y se colocan las frecuencias de esas actividades (cuántas veces por años se aplican) durante 30 años. Llenar este cuadro es un ejercicio útil para asegurar que se van a plasmar integralmente todos los costos que tendrá el sistema, tanto para manejar el cultivo principal como para atender las otras plantas y árboles del dosel. Este ejercicio es previo al siguiente paso que es proveer los datos de costos y beneficios del sistema.

Cuadro 4. Número de veces por año que se aplica una actividad de manejo en el cacaotal defensor

ACTIVIDADES	¿Cantidad de veces que se realiza cada actividad en un año?																													
	Fase: Establecimiento			Inicio de producción				Fase: producción																						
	AÑOS			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Limpieza del terreno	1																													
Trazado de la parcela y ahoyado (maderable,cacao,musacea)	1																													
Deshierbas	5	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Siembra-resiembra de árboles sombra permanente	1																													
Labores de mantenimiento árboles maderables								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Prevención y control de enfermedades árboles maderables																														
Cosecha maderables																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Labores de mantenimiento árboles frutales								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Prevención y control de enfermedades árboles frutales																														
Cosecha árboles frutales				2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Labores de mantenimiento árboles de servicio								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Prevención y control de enfermedades árboles de servicio																														
Cosecha árboles de servicio																														
Siembra de cultivos anuales	1																													
Labores de mantenimiento cultivos anuales	3																													
Cosecha de cultivos anuales	1																													
Siembra-resiembra de cacao	1																													
Podas de formación de cacao	1	2	2	2	2	2	2																							
Podas de mantenimiento de cacao								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Deschuponas de cacao	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Fertilización cacao (y componentes del sistema)	2																													
Prevención y control de enfermedades cacao				6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Cosechas de cacao			1	2	4	6	8	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Siembra-resiembra de musaceas	1																													
Labores de mantenimiento de musaceas (deshija)	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Labores de mantenimiento de musaceas (apuntalamiento y deshoja)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Prevención y control de enfermedades musaceas																														
Cosecha de musaceas		3	3	1	1																									
Total actividades por año	24	16	16	19	23	24	26	32	32	32	32	32	32	32	32	31														

*Los números en las celdas indican cuántas veces por año se hace la actividad

SAF defensor: en la herramienta el usuario tiene la hoja específica “SAF DEFENSOR” donde debe hacer el trabajo más cuidadoso e importante para poner datos confiables de costos (mano de obra e insumos) y producción agroforestal. En los Cuadros 5-7 se muestran las cantidades de insumos y costos unitarios de actividades según la etapa de producción para el SAF defensor usado como ejemplo en este manual. Específicamente, el Cuadro 5 contiene las actividades que se realizan durante establecimiento, seguido por el costo unitario y la cantidad de insumos que requiere para cada actividad durante los primeros tres años de establecimiento. El técnico de cacao debe adaptar y actualizar este cuadro al cacaotal que está analizando. La herramienta utilizará el costo unitario de cada actividad y la cantidad de insumos por años para proyectar los costos de establecimiento. Note que, para cada año, la herramienta calcula el costo total en dólares. Si el técnico quiere usar su moneda local, debe colocar los costos unitarios en su moneda.

Cuadro 5. Cantidad de insumos y costos unitarios durante el establecimiento del SAF defensor

Descripción de actividades	Unidad	Costo (US\$)/ Unidad	Cantidad por ha/año		
			Año 1	Año 2	Año 3
Limpieza de terreno	Jornal	18	1		
Trazado y ahoyado (maderable, cacao, banano)	Jornal	18	1		
Plántulas de árboles permanentes	Plántulas	0,25	50		
Siembra-resiembra de árboles sombra permanente	Jornal	18	2		
Semilla de cultivos anuales	Kg	4	1		
Siembra de cultivos anuales	Jornal	18	2		
Plántulas de banano	Plántulas	0,1	300		
Siembra de banano	Jornal	18	1		
Plantas de cacao	Plántulas	0,25	600	60	
Siembra-resiembra de cacao	Jornal	18	4	0,4	
Labores de mantenimiento cultivos anuales	Jornal	18	2	2	
Labores de mantenimiento de banano	Jornal	18	2	2	2
Labores de control de sombra permanente	Jornal	18	2	2	
Control de maleza	Jornal	18	1	1	1
Labores de cosecha de cultivos anuales	Jornal	18	2	1	
Labores de cosecha de musáceas	Jornal	18	2	3	3
Deschuponado de cacao	Jornal	18	1	1	2
Podas de formación de cacao	Jornal	18	2	2	2
TOTAL COSTOS	US\$/ha		646,5	274,2	180

En el Cuadro 6 se muestran las cantidades y costos unitarios para las actividades durante el inicio de producción, entiéndase como los años 4-7, correspondientes a los años en que la producción de cacao y algunos frutales está en fase de crecimiento. Al igual que el cuadro anterior, el técnico debe modificar ese cuadro en la herramienta para representar sus condiciones de producción.

¿Se debe considerar la mano de obra del dueño o la familia, aunque no se pague en efectivo? De acuerdo con (Imbach, 1987) se debe considerar el tiempo que dedica la familia en la finca ya que es tiempo que podrían utilizar trabajando en otro lugar. Por ejemplo, si el hijo mayor está trabajando en la finca, realizando labores de control de sombra, este debería ser contabilizado ya que en su ausencia – esta labor tendría que pagarse a alguien adicional. Si la actividad es gerencia y mercadeo, se debe considerar el costo del hijo realizando labores de gerencia y mercadeo. La incorporación de esta actividad permite un análisis más robusto del sistema agroforestal.

Cuadro 6. Cantidad de insumos y costos durante la etapa de inicio de producción del SAF defensor

Descripción de actividades	Unidad	Costo (US\$)/Unidad	Cantidad por ha/año			
			Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Labores de mantenimiento de banano	Jornal	18	1	1	1	1
Cosecha de banano	Jornal	18	2	2	2	2
Podas de formación de cacao	Jornal	18		3	3	3
Prevención y control de enfermedades cacao	Jornal	18	2	2	2	2
Deschuponas de cacao	Jornal	18	2	2	2	2
Cosechas de cacao	Jornal	18	3	3	3	3
Cosecha árboles frutales	Jornal	18	3	3	3	3
Deshierbas de la parcela	Jornal	18	1	1	1	1
Labores de mantenimiento árboles de servicio	Jornal	18	1		1	
Labores de mantenimiento árboles maderables	Jornal	18	1	1	1	1
Sacos para cosecha	Sacos	0,20	1	2	2	3
TOTAL COSTOS	US\$/ha		288	324	342	325

En el Cuadro 7 se muestran las actividades, cantidades de insumos y costos unitarios a partir del año 8, periodo en el que inicia la producción plena del SAF. En la herramienta, el usuario debería llenar este cuadro hasta el año 30, considerando el decline del cacaotal a medida envejece la planta. Al igual que en cuadros anteriores, el técnico debe realizar los cambios correspondientes en esta sección de la herramienta para reflejar la realidad del SAF que está evaluando. Por efecto de espacio se presentan los años 8, 10, 20 y 30; sin embargo, el técnico podrá ver datos del año 8 hasta el año 30, de manera continua.

Cuadro 7. Cantidad de insumos y costos durante la etapa de plena producción del SAF defensor

Descripción de actividades	Unidad	Costo (US\$)/Unidad	Cantidad por ha/año			
			Año 8	Año 10	Año 20	Año 30
Labores de mantenimiento de banano		18	1	1	1	1
Labores de mantenimiento árboles frutales		18	1	1	1	1
Labores de mantenimiento árboles maderables		18	1	1	1	1
Podas de mantenimiento de cacao		18	1	1	1	1
Deschuponas de cacao		18	3	3	3	3
Control de maleza (deshierba)		18	1	1	1	1
Insumos prevención y control de enfermedades		36	2	2	2	2
Prevención y control de enfermedades cacao		18	3	3	3	3
Compra de sacos para cosecha		0,20	3	5	5	3
Cosechas de cacao		18	10	10	10	10
Cosecha de banano		18	1	1	1	1
Cosecha árboles frutales		18	3	3	3	3
Cosecha árboles maderable		18	1	1	1	1
TOTAL COSTOS	US\$/ha		523	523	523	523

Rendimientos del SAF: El Cuadro 8 muestra los respectivos rendimientos de cacao y los rendimientos del componente agroforestal. La herramienta requiere que el técnico coloque los rendimientos esperados en el tiempo, desde el año 1 hasta el 30. En este cuadro se presentan los rendimientos para los años 1, 2, 5, 10, 20 y 30, por consideraciones de espacio. También se colocan los precios unitarios al cual se espera vender el producto.

¿Qué rendimiento debo usar? Se debe colocar los rendimientos mercadeables, aquellos que se espera vender. Por ejemplo, no se debe colocar la producción potencial de cacao, sino la producción mercadeable luego de descontar las pérdidas por ratas, enfermedades, otros.

¿Se debe incorporar lo consumido por la familia de la finca? De acuerdo con (Imbach, 1987) se debe considerar la producción que se destina a consumo familiar. La razón es que las frutas y anuales que se sacó de la finca para consumo familiar, representa efectivo que no se gastaría para comprar alimentos, por tanto, representa un ahorro que debe contabilizarse para el sistema agroforestal con el fin de realizar un análisis más certero.

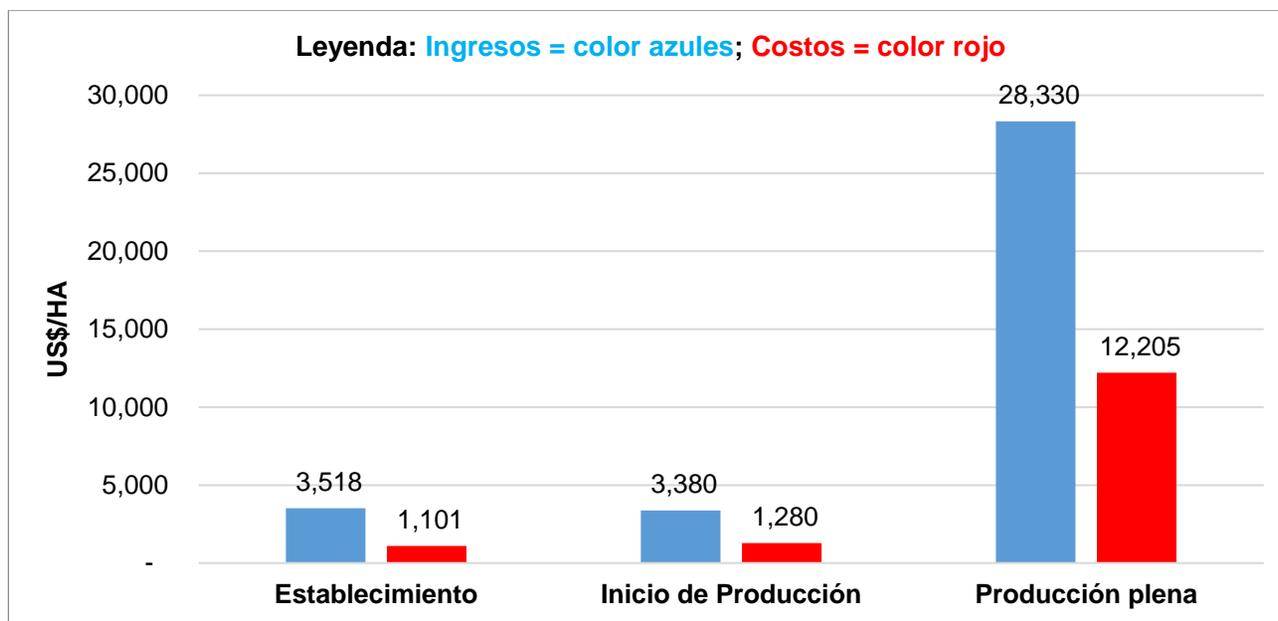
¿Qué precio debo usar? Lo más recomendable es utilizar el precio del mercado en el momento de análisis. Evite ser muy optimista ya que el precio varía en el tiempo por factores de demanda y oferta.

Cuadro 8. Rendimientos de cacao, cultivos anuales y especies de sombra del SAF defensor

Descripción de actividades	Unidad	Precio (US\$)/Unidad	Cantidad por ha/año					
			Año 1	Año 2	Año 5	Año 10	Año 20	Año 30
Rendimiento de cacao	Kg	2,50	0	8	117	417	440	278
Rendimiento de banano	Racimo	3,50	150	300	100	100		
Rendimiento de maíz	Unidad	0,15	5000	1500				
Rendimiento de naranja	Unidad	0,20			100	100	100	100
Rendimiento de pejibaye	Kg	4,00			10	10	10	10
Rendimiento de madera	M ³	65,00					2	2
TOTAL INGRESOS	US\$/ha		1275	1295	703	1453	1273	892

A partir de los datos ingresados, la herramienta calcula automáticamente los resultados económicos del sistema agroforestal. Estos resultados (cuadros y figuras) aparecen al final de la hoja SAF DEFENSOR y se plasman en este manual también.

Como se visualiza en la Figura 17, los ingresos durante los tres primeros años del SAF superan los costos de establecimiento, lo cual es un buen indicador, especialmente para pequeños productores. De igual manera, durante el inicio de producción los ingresos son aproximadamente el doble de los costos. Para entender de donde provienen los ingresos la herramienta genera una gráfica mostrando el aporte del SAF agroforestal al total de los ingresos (Figura 17).



Establecimiento incluye costos e ingresos de años 1-3; inicio de producción incluye años 4-7; producción plena incluye años 7-30.

Figura 17. Costos e ingresos totales por etapa de producción del SAF defensor.

En la Figura 18 se muestra la proporción de ingresos que provienen de cacao y del sistema agroforestal. Durante el periodo de establecimiento el ingreso del sistema agroforestal fue del 97%, principalmente por la producción de maíz y banano. Durante el periodo de inicio de producción, el sistema agroforestal contribuyó solo 55% proveniente de banano, naranja y limones. Durante la fase de producción plena de cacao, la contribución del SAF fue del 18%, proveniente de cítricos, pejíbaye y madera.

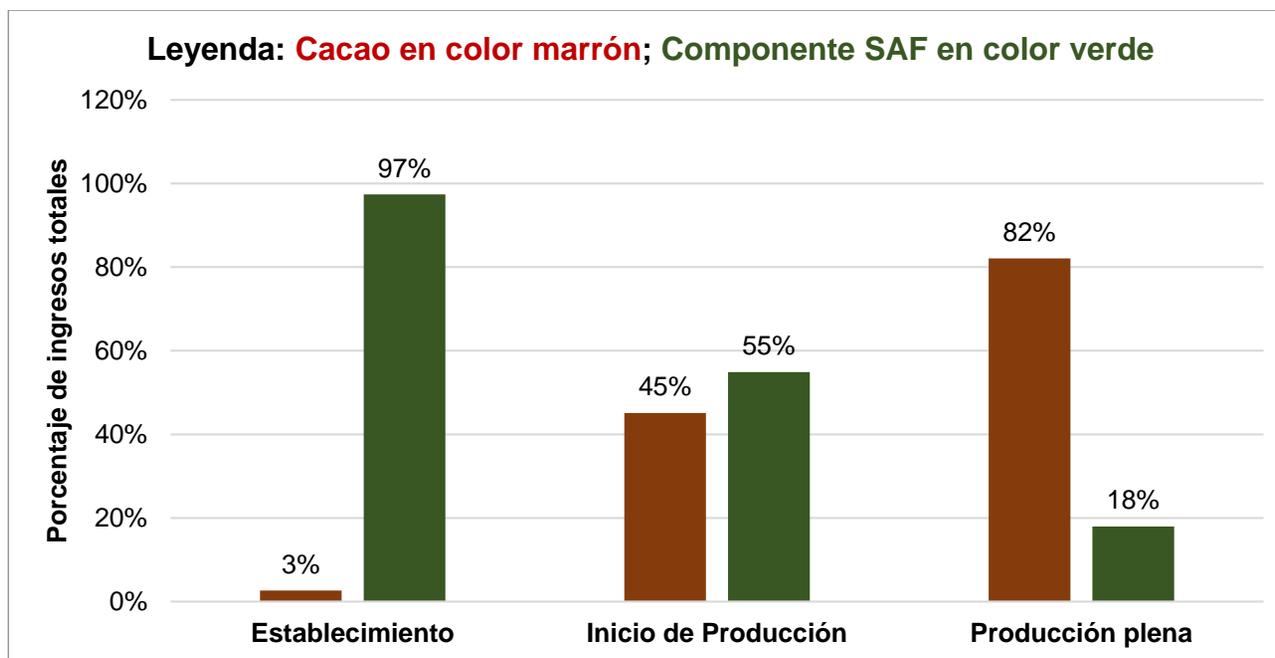


Figura 18. Proporción de ingreso por componente del SAF defensor.

Durante todo el periodo del cultivo SAF se puede observar que los ingresos sobrepasan los costos (Figura 19). De igual manera se observa la contribución que genera el componente agroforestal durante los primeros años de establecimiento y desarrollo del cacao, la cual es mayor que los ingresos por venta de cacao, subsidiando así los costos de producción durante las fases iniciales. Desde el punto de vista de evaluación financiera, ingresos tempranos incrementan la rentabilidad del sistema, por lo tanto, el técnico siempre debe buscar las alternativas que maximicen el uso del suelo y los ingresos durante los primeros años del SAF renovado.

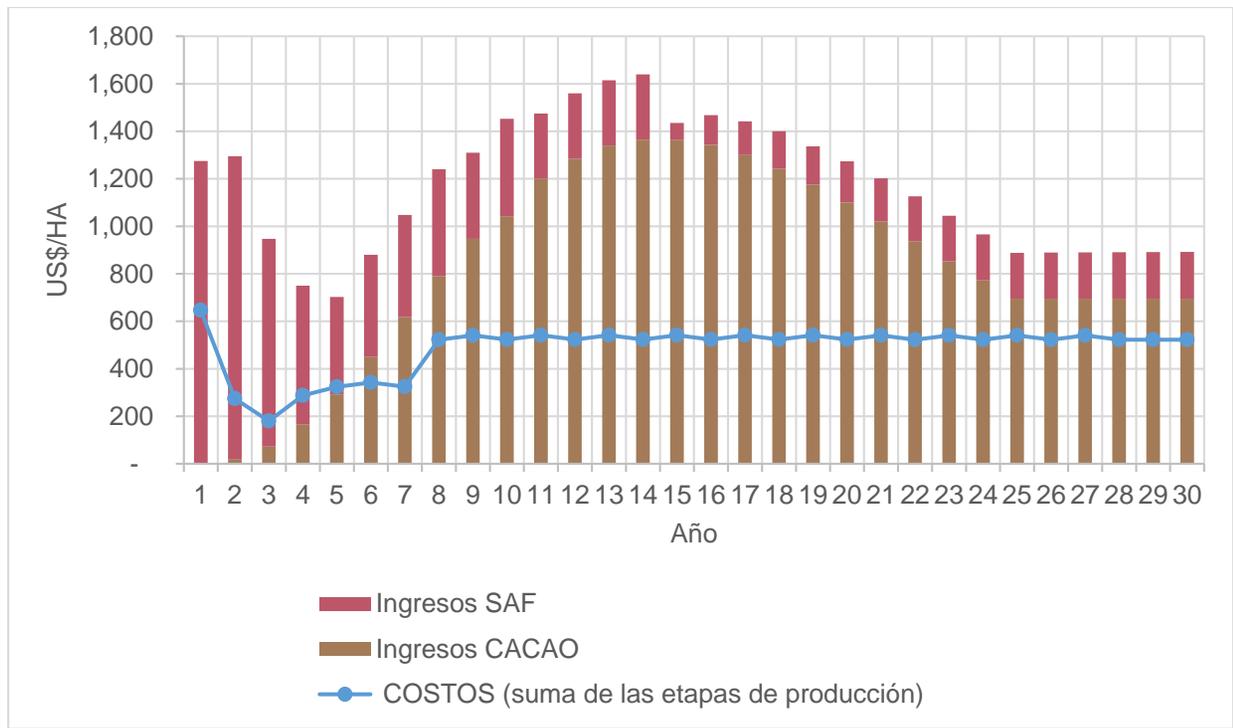


Figura 19. Ingresos y costos del SAF defensor.

En la Figura 20 se muestran las ganancias netas por año generadas por el SAF defensor, lo cual indica que bajo los supuestos analizados el productor debería esperar ganancias promedio por hectáreas de US\$688/ha/año variando entre 378 - 1172 US\$/ha/año.

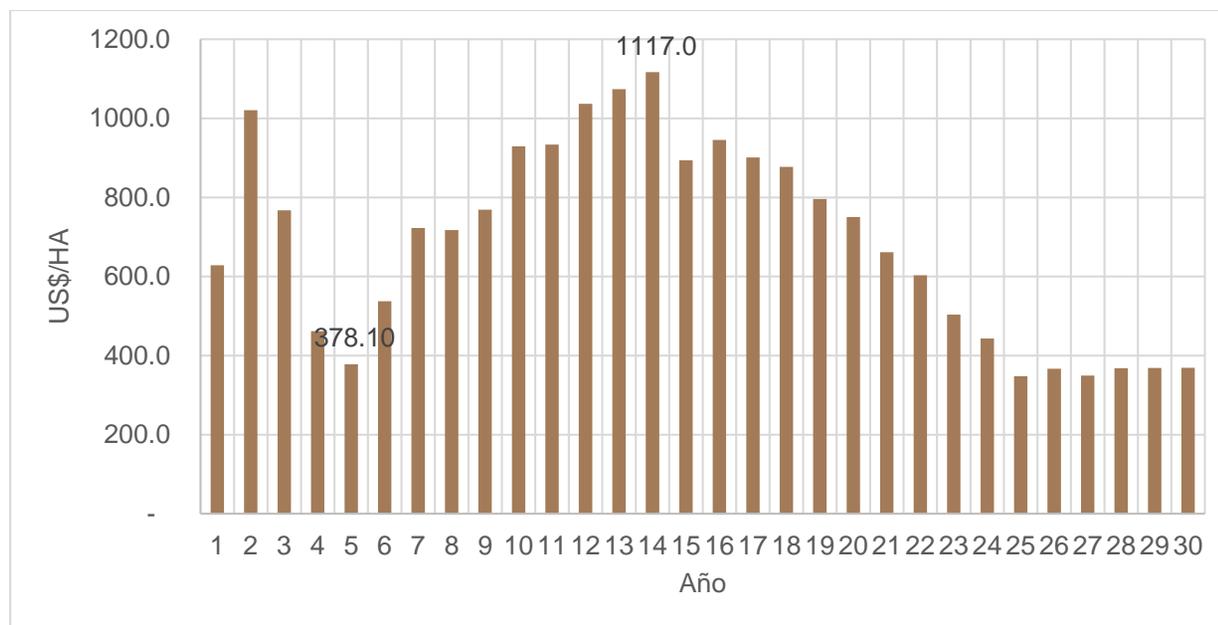


Figura 20. Ganancias netas por hectárea del SAF defensor.

La herramienta produce un resumen de los ingresos, costos, ganancias netas y flujos de caja descontados del sistema agroforestal para fines de análisis rápido de los costos e ingresos. En el Cuadro 9 se visualizan los resultados para el año 1, 2, 5, 10, 20 y 30. La sumatoria total de los costos y los ingresos se visualiza en la última columna. Según los resultados, para el SAF estudiado, la fase de establecimiento representó el 8% de los costos y la fase de inicio de producción un 9%. El componente agroforestal representó un 29% del total de los ingresos generados por el cacaotal. Asumiendo un costo de oportunidad de 12%, el valor presente neto del SAF es de US\$6.622/ha, lo cual representa la riqueza adicional que se generaría este sistema agroforestal. Note que este valor es mucho menor que la sumatoria de ganancias netas (US\$20,642), lo cual es el resultado de los factores de descuento usados para traer a valor presente cada flujo de caja. Véase que la ganancia neta del año 20 y 30 tiene factores de descuentos de 0.12 y 0.04, en otras palabras, las ganancias de esos años valen al día de hoy solo 12% y 4% de su valor, respectivamente. Eso muestra la importancia de generar ganancias netas superiores durante los primeros años del SAF agroforestal, ya que las ganancias futuras tienen poco valor. Por tanto, el técnico de cacao debe ser creativo – dentro los parámetros técnicos y de mercado – diseñando SAF que maximicen el uso del suelo durante los primeros años de RRAF.

Cuadro 9. Resumen de ingreso, costos, ganancias netas y VAN del SAF defensor

Año	1	2	5	10	20	30	Sumatoria Año 1-30
COSTOS TOTALES	647	274	324	523	523	523	14.585
Costo de establecimiento	647	274					1.101
Costo inicio de producción			324				1.280
Costo producción plena				523	523	523	14.585
INGRESOS TOTALES	1.275	1.295	703	1.453	1.273	892	35,227
Ingreso por cacao	-	20	293	1.043	1.100	695	24.865
Ingreso por el componente SAF	1.275	1.275	410	410	173	197	10.362
GANANCIAS TOTALES	629	1.021	378	930	750	369	20,642
Factor de descuento	1,0	0,89	0,64	0,36	0,12	0,04	
Flujo de caja descontado	628	911	240	335	87	14	6.622

*Los datos en los años del 3-4, 6-9, 11-19, 21-29 no fueron en esta tabla por espacio. Ver la tabla completa en la herramienta.

6.10. El sistema agroforestal de cacao (SAF) retador

El sistema agroforestal de cacao (SAF) retador, utilizado como ejemplo en la herramienta de este manual, se considera un cacaotal moderno y productivo. En este sistema está compuesto por cacao y plátano en un arreglo de dos filas de cacao y una fila de plátano (2C:1P) sembrados en un marco de 3x3m y 3x9m, respectivamente. Se considera que los árboles de cacao son clones mejorados de alta producción y tolerantes a enfermedades. Como sombra permanente se tienen árboles maderables de Laurel en un marco de 12x12m, los cuales se mantienen en su fase de establecimiento hasta su producción con la misma densidad por hectárea. En este cacaotal se hace un manejo tecnificado incluyendo mano de obra e insumos como fertilizantes, orientado a producir altos rendimientos de todos los componentes. Fue un sistema evaluado en campo del cual se tienen datos reales que fueron extraídos de manuales técnicos que lo documentaron al menos hasta 12 años de producción (Somarriba, 1994; Somarriba, 1994; Calvo & von Platen, 1996)(Calvo & von Platen, 1996) y los autores de este manual combinaron y complementaron información hasta 30 años con base en su experiencia para tener el ejemplo completo.

Descripción del sistema: como se nota en el Cuadro 10 la estructura del cacaotal retador cambia en función de la etapa productiva. Durante el establecimiento, aparte del cacao y el plátano, se siembra maíz y yuca. A partir del tercer año el solo queda el plátano como componente agroforestal generando ingresos, mientras que el laurel crece y acumula valor.

Cuadro 10. Estructura del cacaotal retador por etapa de producción

Componente	Establecimiento		Inicio de producción		Plena producción	
	Densidad (Plantas/ha)	Marco (mxm)	Densidad (Plantas/ha)	Marco (mxm)	Densidad (Plantas/ha)	Marco (mxm)
Cacao	704*	3X3	704	3X3	704	3X3
Plátano	320	3x9	320	3x9	320	3x9
Maíz	13.333	1x0,75	0	0	0	0
Yuca	6.667	1x1,5	0	0	0	0
Laurel	69	12x12	69	12x12	69	12x12

**Tiene esta densidad porque son dos filas de cacao y una de plátano y así sucesivamente*

SAF retador: en la herramienta el usuario tiene la hoja específica “SAF RETADOR” donde debe hacer el trabajo más cuidadoso e importante para poner datos confiables de costos (mano de obra e insumos) y producción agroforestal. El ejemplo ilustrativo para el SAF retador se visualiza en los Cuadros 12-14, para las etapas de establecimiento, inicio de producción y producción plena. En el Cuadro 15 se muestran los respectivos rendimientos de cacao y el componente agroforestal “mejorado” en el tiempo con el respectivo precio esperado.

Cuadro 12. Cantidad de insumos y costos durante la etapa de establecimiento del SAF retador

Descripción de los insumos	Unidad	Costo (US\$)/Unidad	Cantidad de insumos por años		
			Año 1	Año 2	Año 3
Limpieza de terreno	Jornal	18	8		
Trazado de la parcela y ahoyado (maderable, cacao, plátano)	Jornal	18	16	1	
Siembra de cultivos anuales	Jornal	18	13		
Compra de semilla de cultivos anuales	Semilla	0,05	6667		
Labores de mantenimiento cultivos anuales	Jornal	18	5	5	
Cosecha de cultivos anuales	Jornal	18	20	26	
Siembra de plátano	Jornal	18	8	1	
Plántulas de plátano	Plántulas	0,5		320	50
Labores de mantenimiento de plátano (deshija)	Jornal	18	2	2	2
Labores de mantenimiento de plátano (apuntalamiento y deshoja)	Jornal	18	7	7	7
Prevención y control de enfermedades en plátano	Jornal	18	2	2	2
Cosecha de plátano	Jornal	18		12	4
Siembra-resiembra de cacao	Jornal	18	10	3	
Plantas de cacao	Plántulas	2	704	22	
Deschuponas de cacao	Jornal	18		8	8
Prevención y control de enfermedades en cacao	Jornal	18			12
Podas de formación de cacao	Jornal	18	2	4	4
Cosecha de cacao	Jornal	18		16	20
Siembra-Resiembra de árboles de sombra permanente	Jornal	18	1	1	
Compra de plántulas de árboles de sombra permanente	Plántulas	0,2	69		
Prevención y control de enfermedades de maderables	Jornal	18	12		
Labores de mantenimiento de árboles maderables	Jornal	12	2	2	
Compra de herbicida para deshierba	Herbicida	7	6	6	6
Control de maleza	Jornal	18	12	9	6
Fertilizantes	Kilo	1	500	360	360
Fertilización de la parcela	Jornal	18	4	4	4
Compra de insumos para prevención de enfermedades	Kg	36			2
Compra de sacos para cosecha	Sacos	0,20	5	5	3
Fungicidas	Quintal	2	12		
COSTO TOTAL	US\$/ha		5172	2320	1612

Cuadro 13. Cantidad de insumos y costos durante la etapa de desarrollo del SAF retador

Descripción de los insumos	Unidad	Costo (US\$)/Unidad	Cantidad de insumos por años			
			Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Labores de mantenimiento de plátano (deshija)	Jornal	18	2		2	2
Labores de mantenimiento de plátano (apuntalamiento y deshoja)	Jornal	18	7		7	7
Prevención y control de enfermedades en plátano	Jornal	18	2		2	2
Plántulas de plátano	Plántulas	1			320	50
Siembra de plátano	Jornal	18			8	1
Cosecha de plátano	Jornal	18	4			12
Podas de mantenimiento de cacao	Jornal	18	6	6	6	6
Prevención y control de enfermedades cacao	Jornal	18	6	6	6	6
Insumos para prevención y control de enfermedades	Kg	36	2	2	2	2
Deschuponas de cacao	Jornal	18	8	8	8	8
Cosechas de cacao	Jornal	18	17	17	17	17
Deshierbas de la parcela	Jornal	18	6	6	6	6
Fertilización de la parcela	Jornal	18	4	4	4	4
Compra de insumos para prevención de enfermedades	Kg	36	2	2	2	2
Compra de sacos para cosecha	Sacos	0.20	3	3	3	3
Fertilizantes	Kg	1	360	360	360	360
COSTO TOTAL	US\$/ha		1494	1224	1726	1681

Cuadro 14. Cantidad de insumos y costos durante la etapa de plena producción del SAF retador

Descripción de los insumos	Unidad	Costo (US\$) por unidad	Cantidad de insumos por año			
			Año 8	Año 10	Año 20	Año 30
Labores de mantenimiento de plátano (deshija)	Jornal	18	2			
Labores de mantenimiento de plátano	Jornal	18	7			
Prevención y control de enfermedades en plátano	Jornal	18	2			
Cosecha de plátano	Jornal	18	4	4	4	4
Podas de mantenimiento de cacao	Jornal	18	6	6	6	6
Prevención y control de enfermedades cacao	Jornal	18	6	6	6	6
Insumos para prevención y control de enfermedades	Kg	36	2	2	2	2
Deschuponas de cacao	Jornal	18	8	8	8	8
Cosechas de cacao	Jornal	18	17	17	17	17
Cosecha de maderables	Jornal	18			1	1
Deshierbas de la parcela	Jornal	18	6	6	6	6
Fertilización de la parcela	Jornal	18	4	4	4	4
Fertilizantes	Kg	1	360	360	360	360
Compra de sacos para cosecha	Sacos	0.20	3	3	3	3
Compra de insumos para prevención de enfermedades	Kg	36	2	2	2	2
COSTO TOTAL	US\$/ha		1495	1297	1315	1315

Cuadro 15. Rendimientos de cacao, cultivos anuales y especies de sombra del SAF retador

Descripción de actividades	Unidad	Precio (US\$)/Unidad	Cantidad por ha/año					
			Año 1	Año 2	Año 5	Año 10	Año 20	Año 30
Rendimiento de cacao	Kg	2,50	0	0	383	803	650	500
Rendimiento de plátano	Racimo	3,50		300	100	100		
Rendimiento de yuca	Kg	0,10		30000				
Rendimiento de maíz	Unidad	0,35	1700					
Rendimiento de madera	M ³	65,00					2.72	
TOTAL INGRESOS	US\$/ha		595	3000	2550	3600	3394	2842

Al igual que en SAF defensor ilustrado en la sección 6.2.1, el técnico extensionista podrá ver los resultados financieros del sistema agroforestal retador imputado. En la Figura 21 se visualizan los ingresos y costos durante cada etapa de producción del SAF retador. Note que los tres primeros años, el SAF retador tiene mayores costos que ingresos, a diferencia del SAF defensor. En situaciones como estas, el técnico de cacao tiene que evaluar, bajo sus condiciones específicas, cuál combinación agroforestal genera la mayor cantidad de ingresos posible para cubrir los gastos de inversión, y sin comprometer la producción a largo plazo de cacao. En este ejemplo, a diferencia del SAF defensor, el SAF retador requiere mayor cantidad de insumos durante el establecimiento, adicionalmente, el costo de las plántulas injertadas de cacao es mucho más alto. Durante el inicio de producción, los ingresos son casi el doble de los costos; mientras que durante la etapa de producción plena - los ingresos son 2,35 veces más que los costos.

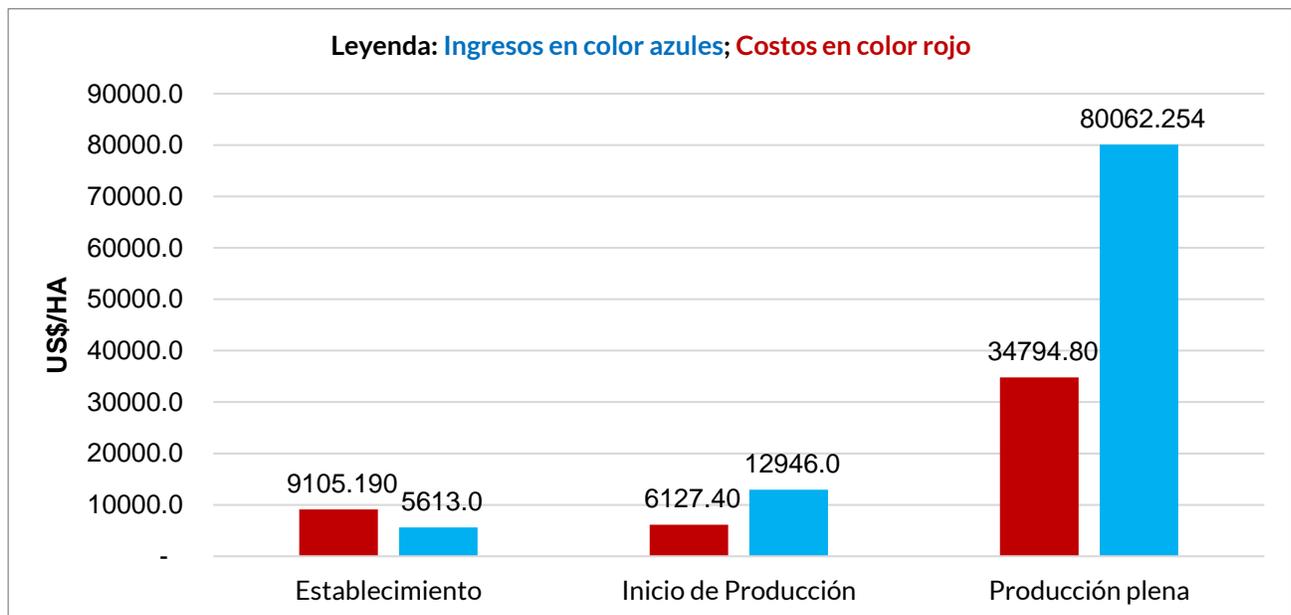


Figura 21. Costos e ingresos totales por etapa de producción del SAF retador.

En la Figura 22 se muestra la proporción de ingresos que provienen de cacao y del sistema agroforestal. Durante el periodo de establecimiento, el ingreso del sistema agroforestal fue del 89%, principalmente por la producción de maíz, yuca y plátano. Durante el periodo de inicio de producción, el sistema agroforestal contribuyó solo 45% proveniente del plátano principalmente. Durante la fase de producción plena de cacao, la contribución de SAF fue del 44%, proveniente del plátano y madera.

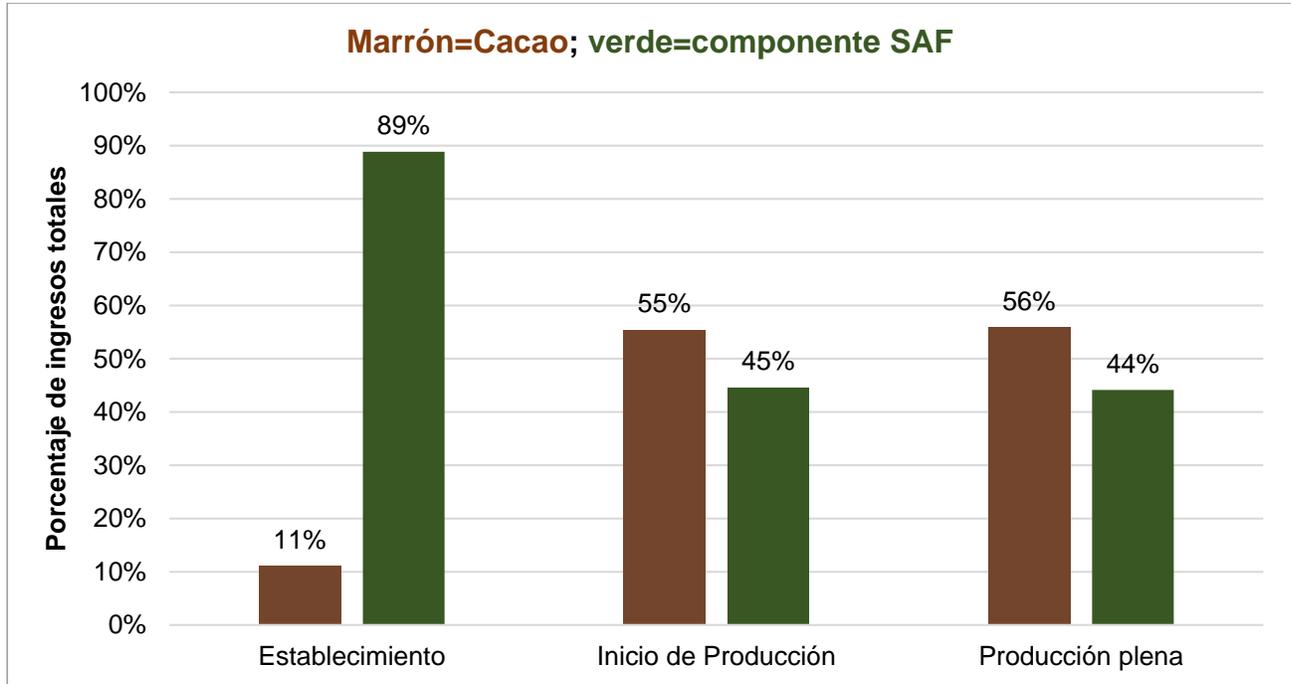


Figura 22. Proporción de ingreso por componente del SAF retador.

En la Figura 23 se evidencia el alto costo de inversión requerido para establecer el sistema agroforestal. Durante el primer año, los ingresos por maíz no son suficientes para compensar el costo de establecimiento. Durante el segundo año, los ingresos por yuca permiten apenas cubrir los costos de establecimiento y producción. Sin embargo, a partir tercer año los ingresos son cuantiosos, cubriendo los costos de producción y dejando ganancias significativas. También se visualiza la importancia del componente agroforestal a través del tiempo, especialmente durante los primeros 6 años.

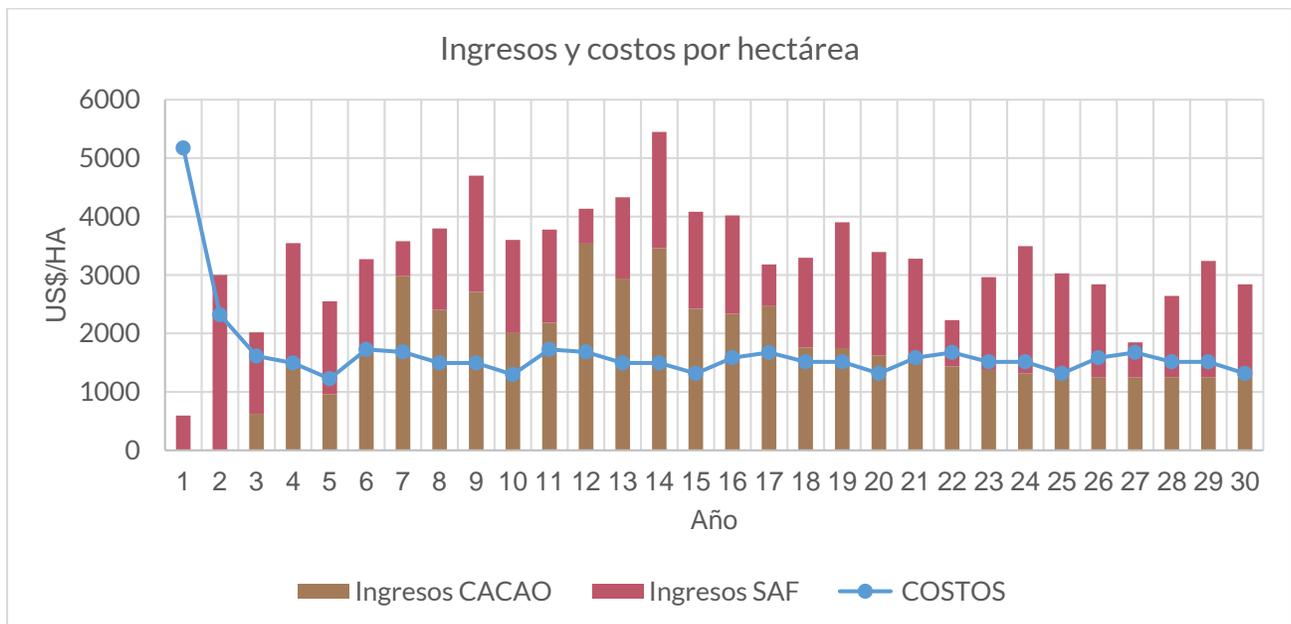


Figura 23. Ingresos y costos del SAF retador.

En la Figura 24 se muestran las ganancias netas por año generada por el SAF retador. El primer año, el productor debe realizar una inversión por hectárea de aproximadamente US\$ 4568. A partir del segundo año, las ganancias el productor debería esperar ganancias promedio de US\$1268/ha/año variando en un rango de 172 - 3953 US\$/ha/año.

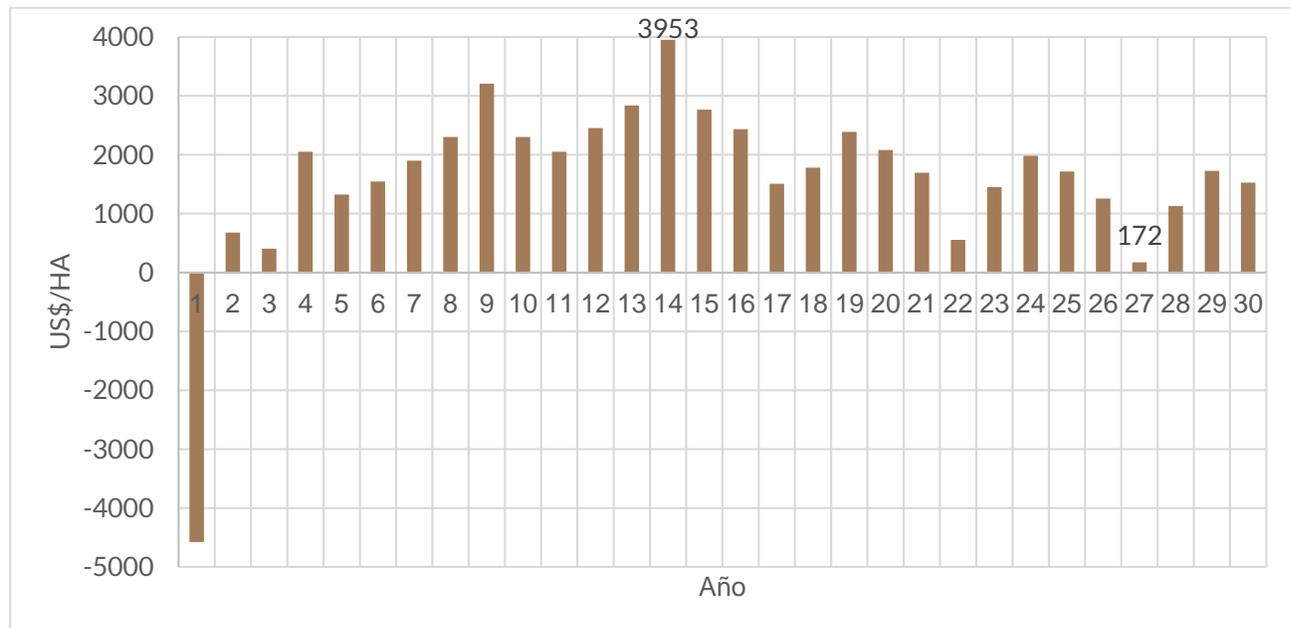


Figura 24. Ganancias netas por hectárea del SAF retador.

En el Cuadro 16 se visualiza el resumen de los ingresos, costos y ganancias del sistema agroforestal. La fase de establecimiento representó el 18% de los costos totales y la fase de inicio de producción un 12%, lo cual representa un costo relativo mucho más alto que el SAF defensor. El componente agroforestal representó un 47% del total de los ingresos generados por el cacaotal, superando al SAF defensor. La riqueza adicional que generaría este SAF es de 9,597 US\$/ha, superior al sistema agroforestal defensor y es, por lo tanto, financieramente superior.

Cuadro 16. Resumen de ingreso, costos, ganancias netas y VAN del SAF retador.

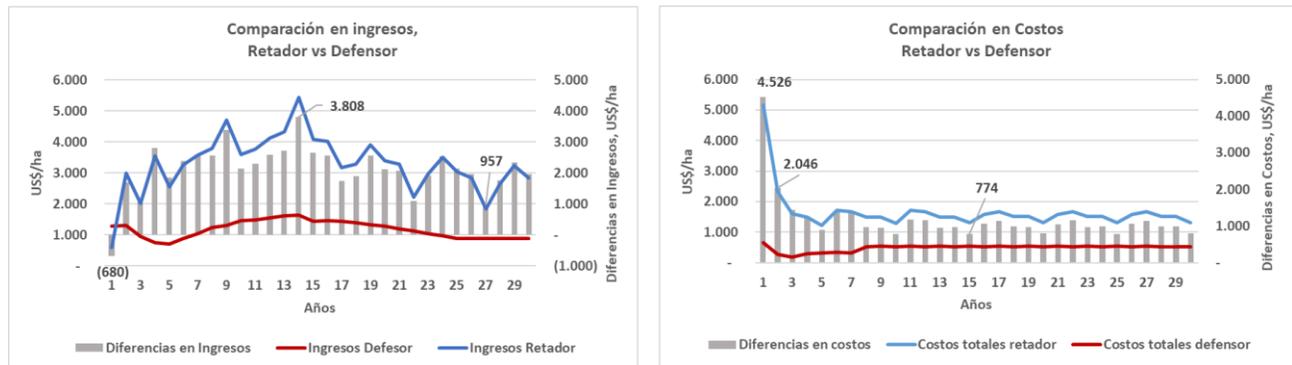
Año	1	2	5	10	20	30	Sumatoria Año 1-30
COSTOS TOTALES	5117	2,320	1225	1297	1315	1315	50.027
Costo de establecimiento	5117	2320	-	-	-	-	9105
Costo inicio de Producción			1225	-	-	-	6127
Costo Producción plena				1297	1315	1315	34795
INGRESOS TOTALES	595	3.000	2.550	3.600	3.394	2.842	98.621
Ingreso por cacao	-	-	958	2008	1625	1250	52523
Ingreso por el componente SAF	595	3000	1592	1592	1769	1592	46099
GANANCIAS TOTALES	-4.577	680	1.325	2.303	2.079	1.527	48.594
Factor de descuento	1,00	0,89	0,64	0,36	0,12	0,04	
Flujo de caja descontado	-4577	607	842	830	241	57	9597

*Los datos en los años del 3-4, 6-9, 11-19, 21-29 no fueron en esta tabla por espacio. Ver la tabla completa en la herramienta.

6.11. Comparación entre el SAF defensor y el SAF retador

En la hoja “RESUMEN” de la herramienta en Excel se pueden apreciar las figuras comparativas entre los SAF defensor y retador que proponemos como ejemplos. Desde el punto de vista financiero el SAF con el VAN mayor es el sistema productivo que provee la mayor riqueza al productor. Por tanto, la regla para tomar la decisión es simple. Sin embargo, en algunas ocasiones, el productor pequeño prefiere sistemas que proveen ingresos más estables y no sistemas de inversión que incrementen la riqueza a largo plazo. Por tanto, es importante, comparar los sistemas en función de los ingresos, costos y ganancias totales que generan a través del tiempo. Para estos fines, la Herramienta RRAF muestra un resumen comparativo de los dos sistemas agroforestales para fines de toma de decisión o reestructuración del diseño.

En la Figura 25 se presenta la comparación en ingresos y costos entre el retador y el defensor estudiado. Note que el ingreso que genera el SAF retador durante los 30 años es superior al SAF defensor, con la excepción del primer año – donde el SAF retador generó US\$680/ha menos que el defensor. En promedio, el SAF retador genera en ingreso US\$2209/ha más que el SAF defensor con una variación entre US\$957 - 3808/ha. Esto se debe a que el SAF retador requiere mayores gastos para lograr mayores niveles de productividad. Por ejemplo, el primer año se requiere US\$4526/ha más que el SAF defensor. En promedio, el SAF retador requiere entre US\$774-2046/ha en gastos de producción más que el SAF defensor.



Ingresos y costos se ven en el eje derecho; diferencias de ingresos o costos se ven en el eje izquierdo

Figura 25. Comparación en ingresos y costos, SAF retador vs defensor.

En la Figura 26 se presentan la diferencia en ganancias netas por hectáreas entre el SAF retador y el SAF defensor. Esta comparación es importante para que el técnico extensionista pueda comunicar al productor cuando el cacaotal viejo genera más o menos ganancias que el SAF retador. De igual manera, puede ser útil para tomar decisiones sobre la reestructuración del diseño del SAF retador. Por ejemplo, para identificar qué elementos se pueden incorporar para que las ganancias netas el primer año sean positiva en el SAF retador.

En la Figura 26, el flujo de caja del SAF retador durante los primeros tres años es menor que los el SAF defensor dado al alto costo de inversión requerido. A partir del cuarto año, el SAF retador genera consistentemente flujo de cajas superiores que el SAF defensor. En promedio, el SAF retador genera US\$ 932/ha más en ganancias netas que el SAF defensor. También, note que la diferencia en ganancias absolutas y relativas es mayor en los primeros 15 años. Recordar que, desde el punto de vista financiero, es más valioso recibir ganancias en el corto plazo que ganancias en el futuro.

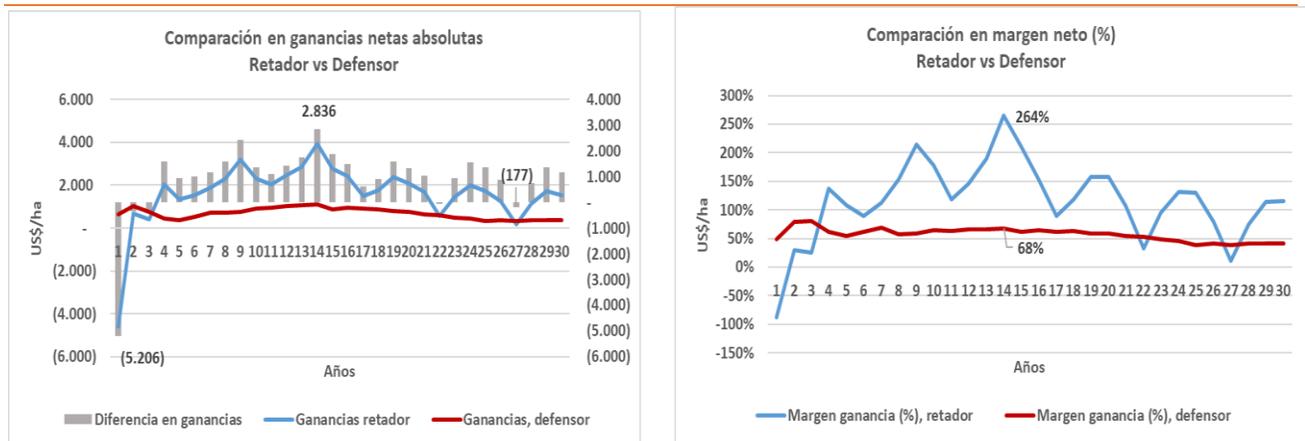


Figura 26. Comparación ganancias netas absolutas y relativas entre SAF retador vs defensor.

6.12. La decisión para hacer RRAF total de todo el cacaotal

La decisión de RRAF “total” quiere decir que cuando se identifica el tiempo (año) óptimo para hacerlo, se debería eliminar todo el cacaotal antiguo (defensor) y establecer el cacaotal nuevo (retador) en el mismo sitio. Como estudiamos en la sección 6, el año óptimo para renovar es aquel que maximiza el valor actual neto de los flujos de efectivo futuros. Una parte de los flujos futuros corresponden a las ganancias que genera el sistema agroforestal defensor y luego que se da la renovación en el tiempo óptimo, el cual llamaremos periodo J, se generan flujos de efectivo del nuevo sistema agroforestal. Para entender mejor la idea, partiremos del siguiente ejemplo:

Paso 1: Tomando la decisión hoy. Supongamos que tengo un cacaotal (defensor) que tiene 10 años y pienso que podría hacer la RRAF a los 25 años con un cacaotal retador. También vamos a suponer que el costo de oportunidad es 12%. Es decir, tengo la oportunidad de invertir en otro negocio que me está generando 12% de retorno anual. Por tanto, el VAN del programa RRAF debe ser positivo a una tasa de descuento del 12%. En la Herramienta RRAF, el técnico podrá colocar esta información como se visualiza en el siguiente cuadro (Cuadro 17):

Cuadro 17. Parámetros de decisión en la herramienta para realizar una RRAF total

Tasa de descuento / Costo de Oportunidad	
Tasa de descuento	12%
Edad de la plantación actual al día de hoy	
Edad (años)	10
¿Cuándo desea hacer la renovación completa?	
Edad (años)	25

Paso 2. Analizar el desempeño financiero del SAF retador y defensor. Antes de presentar los resultados del momento óptimo de renovación, para fines informativos, la Herramienta RRAF calcula automáticamente los indicadores financieros para ambas opciones de RRAF (Renovar con el retador o el mismo defensor). En el siguiente cuadro (Cuadro 18) se visualizan los indicadores financieros para cada uno de los SAF.

Cuadro 18. Resumen de los indicadores financieros por SAF generado por la Herramienta RRAF

Indicador financiero	SAF Defensor	SAF Retador
VAN en US\$/ha	6.622	9.597
TIR (tasa interna de retorno)	No Disponible	31%
Ingresos Actualizados, US\$/ha	10.504	27.722
Costos Actualizados, US\$/ha	3.882	18.124
Relación Beneficio/Costo	2,71	1,53

El indicador VAN. A mayor el VAN mayor es la riqueza futura. Por tanto, el SAF retador tiene el mayor desempeño financiero, ya que genera un VAN de US\$9579/ha mientras que el defensor genera un VAN de US\$6622. Los demás indicadores son informativos.

La TIR. El SAF retador generará una rentabilidad promedio anual del 31%, lo cual es superior al costo de oportunidad 12%. Por tanto, el productor que invierte en el sistema agroforestal retador tendrá una rentabilidad adicional de 19% (obtenido realizado la resta "31% -12%"). Note que la rentabilidad del SAF defensor no está disponible. Eso se da cuando la inversión neta del primer año es igual o mayor que cero², lo cual es el caso del SAF defensor (US\$ 629/ha).

Ingreso y costos actualizados. Los valores en ingresos entre sistemas agroforestales son comparables ya que están en valor presente. Así el SAF retador genera casi 2,63 (27.722/10.504) veces más ingresos que el defensor; pero al mismo tiempo es 4,66 veces más costoso que el SAF defensor.

Relación Beneficio/Costo. El SAF defensor genera US\$2,71 por cada dólar invertido, mientras que el SAF retador genera solo US\$1,53. Este indicador tiene que interpretarse con mucho cuidado al momento de comparar sistemas agroforestales, ya que un mayor B/C no necesariamente significa que el SAF defensor es superior financieramente, aunque es más eficiente por cada dólar invertido. Quizás un productor pequeño con pocos recursos de inversión se puede ver tentado a seleccionar la versión defensor ya que requiere poca inversión y gastos de mantenimiento, generando US\$2,71 por cada dólar invertido; sin embargo, no es la opción que generará mayor riqueza a largo plazo.

Dinámica de la decisión de cuándo hacer RRAF total del cacaotal

En el Cuadro 17 se indicó que el cacaotal hoy tiene una edad de 10 años y que el productor desea renovar su cacaotal en el año 25 de edad. Por tanto, el productor seguirá recibiendo ganancias del sistema actual por 14 años más. Así, en el año 25 del cacaotal, el productor hará las intervenciones de RRAF total del cacaotal, con lo cual empezará a generar flujos de efectivo (positivo o negativo) del sistema agroforestal retador, con la intención de que durará 30 años en el campo. En total, el productor espera recibir flujos de caja por el negocio de cacao por 44 años adicionales. La pregunta es ¿cuánto es el valor presente de todos estos flujos de caja futuros? Basado en nuestro análisis anterior, podemos inferir que la RRAF con el SAF retador generará un VAN superior que con el SAF defensor. Los resultados se pueden ver en la herramienta RRAF, la cual calcula el VAN para cualquier combinación de datos imputados en el Cuadro 18.

A continuación, en el Cuadro 19, se presenta el resumen de los flujos de caja para ambos programas de RRAF que generó la herramienta. Como se esperaba, el VAN del programa RRAF con el SAF retador es mayor (US\$ 8646) que el programa RRAF con el SAF defensor (US\$ 8102). Por tanto, queda demostrado que el productor tendría

² Para el técnico de cacao curioso. Lo que sucede aquí es que a más pequeña la inversión más grande la rentabilidad promedio. Matemáticamente, la TIR es la tasa de descuento que hace que la inversión menos la sumatoria de los flujos de caja futuro descontados sea igual a cero. A más pequeña la inversión, más grande debe ser la tasa de descuento para lograr que la sumatoria menos la inversión sea cero. Por tanto, a medida la inversión se aproxima a cero, la rentabilidad se aproxima al infinito.

mayor riqueza futura si decide realizar su programa de renovación con el SAF retador (una riqueza adicional equivalente a US\$ 544/ha).

¿Cómo se realizó el cálculo? Se consideró que el día de hoy es el año cero, por tanto, las ganancias de ese día tienen un valor del 100% (Factor de descuento =1). Se cuantifican los ingresos potenciales del SAF actual hasta el año 14 a partir de hoy. En el cuadro 19 solo se muestran las ganancias de SAF correspondientes a los años 0, 10 y 14 a partir de hoy, por consideraciones de espacio. A partir del año 15 a partir de hoy, el SAF viejo se elimina y se establece el SAF defensor, generando los flujos de cajas del establecimiento. A partir de ese año, inicia otro ciclo de producción con la versión retador que dura 30 años más. Por espacio, se presentaron las ganancias que genera el SAF en los años 15, 25, 35 y 44 a partir de hoy, lo cual es equivalente a la edad del SAF retador 1, 10, 20 y 30, respectivamente. Las ganancias futuras fueron multiplicadas por el factor de descuento para obtener los flujos de caja descontado. Luego el VAN se calculó como la sumatoria de todos los flujos de caja descontados.

Estos valores cambiarán dependiendo de los valores que impute el técnico en la herramienta RRAF.

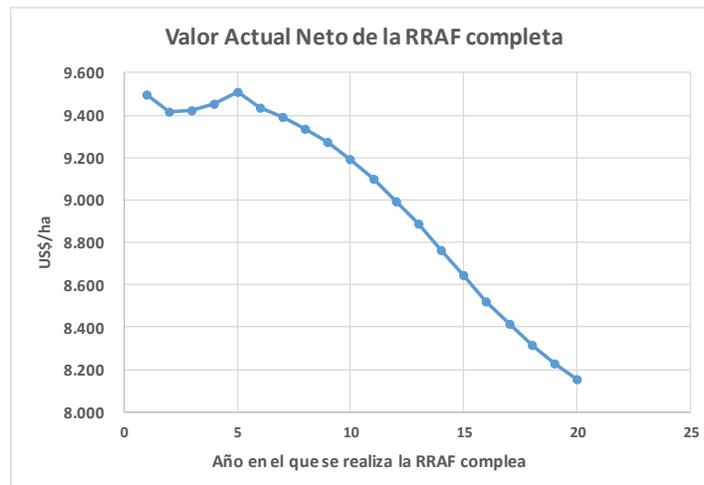
Cuadro 19. Desempeño financiero del programa RRAF total con dos SAF diferentes

Años	SAF Actual			SAF Defensor			
	0	10	14	15	25	35	44
Flujos	930	750	443	629	934	661	369
Factor de descuento	1,0	0,32	0,20	0,18	0,06	0,02	0,01
Flujos de caja descontados	930	242	91	115	55	13	3
VAN RRAF con el SAF defensor	8102						
Años	SAF Actual			SAF Retador			
	0	10	14	15	25	35	44
Flujos	930	750	443	-4.577	2.050	1.695	1.527
Factor de descuento	1,0	0,32	0,20	0,18	0,06	0,02	0,01
Flujos de caja descontados	930	242	91	-836,2	120,6	32,1	10,4
VAN RRAF con el SAF retador	8646						

¿En qué año se debe renovar para maximizar la riqueza futura del productor?

Bajo el supuesto que el SAF retador será la opción preferida por el productor, la herramienta RRAF calcula el VAN a diferentes tiempos de renovación total. En la Figura 27, se muestra que a los 15 años de edad (dentro de 5 años), se genera la mayor riqueza (reflejada por el VAN) para el productor a largo plazo. Los valores y los tiempos de renovación cambiarán en función de los datos imputados por el técnico de cacao. Por tanto, el técnico debe ser cuidadoso en imputar información de precios, costos e insumos lo más cercano posible a la realidad, usando los criterios técnicos apropiados para la realidad de su localidad.

Años a partir de hoy para realizar RRAF	Edad Defensor	Total VAN si RRAF
1	11	9.498
2	12	9.414
3	13	9.421
4	14	9.454
5	15	9.510
6	16	9.434
7	17	9.392
8	18	9.334
9	19	9.274
10	20	9.190
11	21	9.100
12	22	8.995
13	23	8.886
14	24	8.766
15	25	8.646
16	26	8.522
17	27	8.414
18	28	8.315
19	29	8.229
20	30	8.152



Nota: A más verde, mayor el VAN

Figura 27. VAN de la RRAF total en función del año de renovación.

¿Qué pasaría si el costo de oportunidad del productor es 15% y no 12%?

La fecha óptima para renovar cambiaría como se muestra en la Figura 28 (el usuario debe cambiar a 15% el dato de Tasa de descuento / costo de oportunidad en la herramienta). Bajo este escenario, el periodo óptimo para renovar sería el año 9 a partir de hoy, equivalente a una edad de 19 años del SAF defensor (actual). Esto se debe a que las ganancias en el futuro distantes tienen menos valor para el productor, priorizando los flujos de cajas que se obtienen en el corto plazo con el SAF defensor.

IDENTIFICAR EL VAN MAXIMO AÑOS PARA EL REEMPLAZO		
Años a partir de hoy para realizar RRAF	Edad Defensor	Total VAN si RRAF
1	11	6 681
2	12	6 743
3	13	6 875
4	14	7 013
5	15	7 159
6	16	7 174
7	17	7 210
8	18	7 225
9	19	7 230
10	20	7 211
11	21	7 183
12	22	7 140
13	23	7 091
14	24	7 033
15	25	6 973
16	26	6 910
17	27	6 857
18	28	6 810
19	29	6 770
20	30	6 735

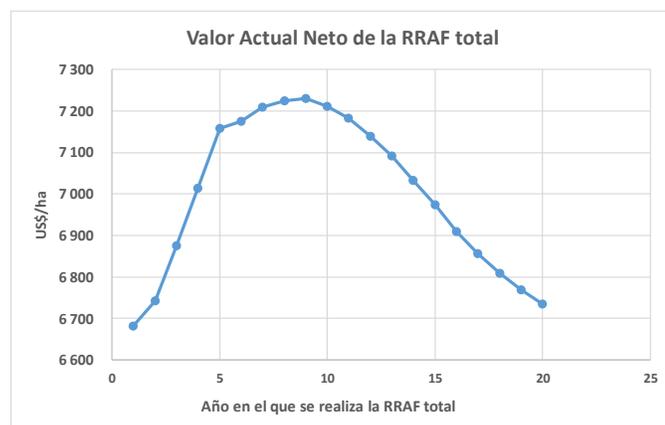


Figura 28. Tiempo óptimo de renovación si el costo de oportunidad es 15%.

6.13. La decisión para hacer RRAF del cacaotal por partes

Esta decisión de RRAF “por partes” quiere decir que se va eliminando el cacaotal viejo (defensor) por partes en una determinada cantidad de años, y que cada parte eliminada es inmediatamente reemplazada por la tecnología de un cacaotal nuevo (retador). Aquí también se habla de proporciones, por ejemplo, si se determina que lo óptimo es hacer la RRAF por partes en un periodo de renovación de 4 años, quiere decir que se harían las labores de renovación en una proporción de 25% del cacaotal cada año ($1/4 = 0,25$). Si lo óptimo fuera hacerlo en 5 años, quiere decir que cada año se haría RRAF en un 20% del cacaotal.

Para llegar a una decisión de RRAF por partes, el análisis y la matemática son mucho más complejos que en la RRAF total, ya que se deben considerar todos los flujos de transición de las proporciones del cacaotal antiguo que se eliminan y de las que quedan, que interactúan con los flujos que van generando las partes nuevas del cacaotal.

El tiempo (años) en que se va a hacer la RRAF por partes depende mucho de la calidad que tenga el cacaotal retador. Si tengo un cacaotal retador que es altamente productivo y genera altos flujos de caja desde sus primeros años, entonces la renovación podría hacerse en menos años, es decir en mayores proporciones cada año. Si el cacaotal retador no es tan productivo ni precoz en proveer flujos de caja, la renovación parcial debería extenderse más, es decir, renovar una pequeña fracción cada año.

Dinámica de la decisión de cuándo hacer RRAF por parte del cacaotal

La decisión de RRAF por partes requiere de cálculos y análisis iterativos para identificar la mejor combinación entre el año óptimo para hacer RRAF y en qué proporciones hacerlo. Al igual que la renovación completa, la combinación óptima es cuando el programa de renovación resulta en el VAN más alto posible. Para ello, la herramienta RRAF le permite imputar su plan de renovación deseado. En el Cuadro 20, se muestran los parámetros que el técnico debe imputar en la herramienta RRAF para que el programa calcule el valor actual de los flujos de caja futuro. Note que el usuario solo debe modificar las casillas en gris (edad a la cual desea iniciar la renovación y en cuántos años desea renovar el cacaotal).

Cuadro 20. Parámetros de decisión en un programa de RRAF por partes

Al día de hoy que edad tiene la plantación		
Edad plantación hoy	10	años
Cuándo iniciará a renovar y por cuánto tiempo		
Años desde hoy para empezar R&R	15	años
Tu plantación tendrá estos años cuando inicies el R&R	25	años
En cuántos años quiere hacer tu renovación	5	
Proporción a renovar/año	0.20	

Para fines informativo, la herramienta RRAF genera automáticamente la proyección de flujos de caja en el tiempo como se visualiza en la Figura 29. Con los parámetros seleccionados, el sistema agroforestal actual sigue generando flujos de caja positivos por los siguientes 15 años. Así, el SAF actual tendrá una edad de 25 años cuando se inicia el programa de RRAF. En este escenario, el productor ha decidido realizar la renovación de manera escalonada durante 5 años. Por tanto, la ventaja de la renovación por parte es diluir los costos de inversión durante varios años. Así el productor no invierte US\$ 4577/ha en un año, sino que distribuye dicha inversión en US\$ 915 ($4577/5$) por año durante el proceso de renovación escalonada. Note que el primer año de renovación, año 15, el flujo de caja (ganancias netas, línea azul) es negativo. De igual manera, los años 16 y 17 también son negativo. A partir del año 18 y 19, los flujos se hacen casi positivos por efecto de los ingresos que están generando de las proporciones del SAF nuevo ya establecido. En la línea naranja se observan los flujos de caja descontadas

al costo de oportunidad del productor (12%), lo que hace que los flujos de caja del año 20-40 sean relativamente bajo en comparación con las ganancias netas. Esto se debe a que los flujos de caja recibido durante los primeros años tienen mucho más valor que los flujos de caja recibidos en años posteriores.

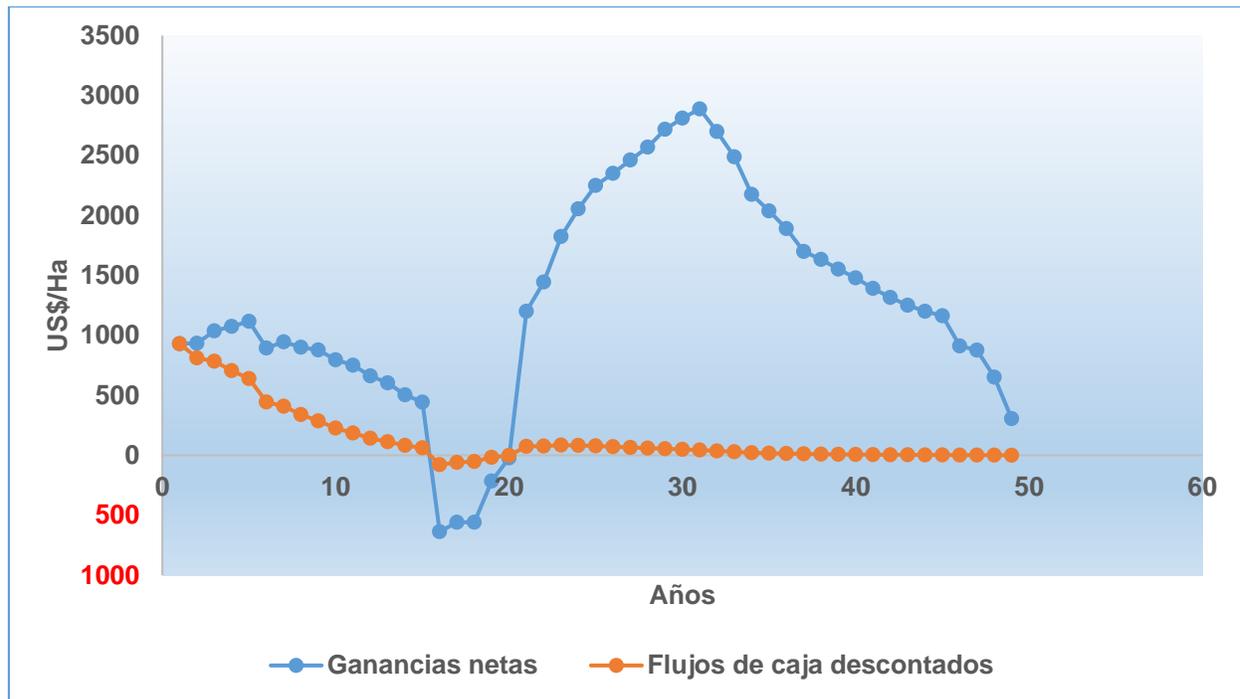


Figura 29. Ganancias netas y flujos de caja descontados proyectados en el RRAF por partes.

En el Cuadro 21 se visualiza el desempeño financiero de este plan de renovación (8425 US\$/ha). Con este programa de RRAF por partes el productor será US\$8425 más rico. Note que en el año 15, las pérdidas son solo de US\$ 637 y no US\$ 915 (4577/5), eso es debido a que 4/5 parte del cacaotal aún siguen produciendo ingresos. De igual manera sucede el año 16, 3/5 parte del cacaotal viejo sigue generando ingreso. En el año 18 y 19 (cuarto y quinto año de renovación), las pérdidas son solo de 28 y 3 US\$/ha, respectivamente. El técnico de cacao, debe pensar sobre los posibles cambios técnicos que puede realizar para hacer que este valle de pérdidas económicas sea lo menos doloroso. Otro mecanismo puede ser buscar financiamiento barato y de largo plazo para el productor que no cuenta con los recursos económicos para invertir.

Cuadro 21. Resultados financieros del programa de RRAF por partes

Años	0	14	15	16	17	18	19	25	35	45	48
Ganancias netas futuras, US\$/ha	929	44 3	-637	-559	-559	-215	-23	235 2	189 0	912	305
Flujos de caja descontados, S\$/ha	929	90	-116	-91	-81	-28	-3	138	36	6	1
VAN (12%), US\$/ha	8425										

¿En qué año se debe iniciar a renovar y por cuánto tiempo para maximizar la riqueza futura del productor?

Al igual que en la renovación completa, la herramienta RRAF genera automáticamente los cálculos del VAN para cualquier plan de renovación por partes deseada por el usuario. De igual manera, genera un cuadro variando los años de inicio de renovación y la proporción del cacaotal a renovar por año, donde el usuario puede ver rápidamente el valor VAN máximo dado por la combinación óptima de ambas variables. Para el ejemplo estudiado en este manual, la mayor riqueza al productor se genera con un plan de renovación que inicia el año 5 a partir de

hoy, cuando el cacaotal cumple 15 años, y se realiza una renovación total. Esta combinación genera un VAN de 9510 US\$/ha, lo cual es superior al VAN del plan de renovación inicial deseado (US\$ 8425), equivalente a una diferencia de 1085 US\$/ha (Cuadro 22).

También, el Cuadro 22 es útil para contestar otras preguntas de interés. Tomando como base el ejemplo estudiado en este manual, el productor puede hacer la pregunta, “dado que mi plan es renovar el cacaotal durante 3 años, ¿Cuándo debería iniciar la renovación?”. Para contestar esta pregunta, el usuario debe buscar la columna con el número 3, equivalente a 0,33 en proporción a renovar por año, y buscar el valor más verde, el cual coincide con el VAN más alto en esa columna. Luego, identificar el año a partir de hoy o la edad de la plantación. Como se puede ver, el productor debería iniciar el programa de renovación cuando la plantación tiene 14 años de edad. Esta combinación (iniciar cuando el cacaotal tiene 14 años, renovando 33% del cacaotal por año) genera un VAN de US\$ 9466, el cual es superior a nuestra decisión inicial (Cuadro 20) por un valor 1,045 US\$ /ha. Es decir, tomar la decisión planteada en el Cuadro 20, generaría una pérdida en riqueza adicional de 1,045 US\$ /ha, la cual no es despreciable.

Cuadro 22. Matriz de decisión sobre cuándo y cómo realizar el programa de RRAF por partes

Edad de la plantación, Cuándo inicia la renovación?	Años desde hoy para hacer RRAF	1,00	0,50	0,33	0,25	0,20	0,17	0,14	0,13	0,11	0,10	Proporción por año a renovar En cuánto años hacer la renovación
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
11	1	9.498	9.456	9.445	9.447	9.459	9.455	9.446	9.432	9.415	9.392	
12	2	9.414	9.418	9.430	9.450	9.447	9.437	9.423	9.404	9.380	9.352	
13	3	9.421	9.437	9.462	9.455	9.442	9.424	9.403	9.376	9.345	9.310	
14	4	9.454	9.482	9.466	9.447	9.425	9.400	9.370	9.336	9.298	9.257	
15	5	9.510	9.472	9.445	9.418	9.389	9.356	9.319	9.279	9.235	9.188	MÁXIMO
16	6	9.434	9.413	9.387	9.358	9.325	9.287	9.246	9.201	9.152	9.102	
17	7	9.392	9.363	9.333	9.297	9.258	9.214	9.167	9.117	9.065	9.010	
18	8	9.334	9.304	9.266	9.225	9.179	9.130	9.078	9.024	8.968	8.913	
19	9	9.274	9.232	9.188	9.140	9.089	9.035	8.979	8.922	8.866	8.811	
20	10	9.190	9.145	9.095	9.043	8.987	8.930	8.872	8.815	8.759	8.706	
21	11	9.100	9.048	8.994	8.937	8.879	8.819	8.761	8.705	8.652	8.602	
22	12	8.995	8.940	8.882	8.823	8.763	8.705	8.649	8.596	8.547	8.501	
23	13	8.886	8.826	8.766	8.705	8.647	8.591	8.539	8.491	8.446	8.400	
24	14	8.766	8.706	8.644	8.587	8.532	8.482	8.435	8.391	8.346	8.301	
25	15	8.646	8.584	8.527	8.474	8.425	8.380	8.337	8.293	8.249	8.206	<=
26	16	8.522	8.468	8.417	8.370	8.326	8.286	8.243	8.199	8.157	8.116	
27	17	8.414	8.364	8.319	8.277	8.239	8.196	8.153	8.111	8.071	8.032	
28	18	8.315	8.272	8.232	8.195	8.153	8.110	8.068	8.028	7.990	7.954	
29	19	8.229	8.191	8.155	8.112	8.069	8.027	7.987	7.949	7.914	7.880	
30	20	8.152	8.118	8.074	8.029	7.986	7.947	7.909	7.874	7.841	7.810	

Nota: Los valores máximos se encuentran en el rango más verde. Los valores en rojo son los valores VAN más bajos. Para facilitar la identificación del valor máximo se puede guiar por las palabras **MÁXIMO** que aparece al final de las columnas y la filas. Las columnas con el símbolo ^ y la fila <= determinan el VAN generado con su decisión inicial (Cuadro 21).



VII. ALCANCES Y CONSIDERACIONES DEL MANUAL Y DE LA HERRAMIENTA

7. ALCANCES Y CONSIDERACIONES DEL MANUAL Y DE LA HERRAMIENTA

Este manual intenta proveer un marco simple e ilustrado de los programas de renovación y rehabilitación de cacao. El lector se lleva un punto de partida para tomar decisiones basadas en evidencia. Sin embargo, hay muchos elementos técnicos que no se describen en este manual por consideraciones de espacio y enfoque del manual. Por ejemplo, aspectos de fertilización, rehabilitación, curvas de rendimientos para la realidad de los países de América Latina, levantamiento de costos, consideraciones de mercado, aspectos financieros, riesgos climáticos, entre otros. Por tanto, se recomienda al usuario del manual complementar el conocimiento provisto aquí con otras fuentes de conocimiento, con el fin de diseñar y proponer sistemas agroforestales con elementos técnicos locales y ajustados a la realidad de cada país.

Las proyecciones financieras que realiza la herramienta RRAF depende de la calidad de la información suministrada. Por tanto, el técnico debe realizar un esfuerzo importante de conseguir información certera sobre el SAF que está evaluando (tanto del defensor como del retador). La cantidad de insumos y sus costos son tan importante como los rendimientos esperados que son mercadeable con sus respectivos precios.

La herramienta RRAF fue desarrollada para determinar la política de reemplazo óptima bajo un modelo determinístico, por lo cual funciona bajo los supuestos de que existe certeza de los rendimientos de cacao; rendimiento del componente agroforestal; precios; cantidad de insumos y costos de insumos. En la realidad, estas variables tienen comportamientos aleatorios o estocástico, variando en el tiempo y entre localidades. Según Ward & Faris (1968) la política de reemplazo para melocotones en Estados Unidos, fue esencialmente la misma para el modelo determinístico que con el modelo estocástico. Sin embargo, en otros casos o cultivos, la política de reemplazo puede cambiar o resultar en un rango (e.g., edad de reemplazo óptima podría estar en el rango 20 a 22 años del SAF actual). También, Ward & Faris (1968) argumentan que el esfuerzo matemático, de programación y computacional requerido para determinar la política de reemplazo de manera estocástica, quizás no se justifique dado que los resultados serán similares al de un modelo determinístico más simple. A pesar de estas justificaciones para usar el modelo determinístico, el técnico que use esta herramienta debe tener en cuenta que la solución que arroja esta herramienta es una aproximación y que, si se considera la aleatoriedad de las variables, la política óptima de reemplazo quizás esté en un rango cercano al valor determinado por el modelo presentado.

El modelo de optimización para la política de reemplazo de SAF cacao parte del supuesto que el productor desea maximizar su riqueza futura, con la cual se busca maximizar la sumatoria de las ganancias futuras valorados al día de hoy. Sin embargo, este supuesto puede ser no consistente con la realidad de la pequeña agricultura familiar, que quizás en lugar de máximas ganancias futuras podría preferir ingresos estables y positivos durante la mayor cantidad de tiempo; producir alimentos para autoconsumo; evitar ingresos por debajo de ciertos mínimos críticos para la familia; etc. Adicional a lo económico, también hay valores culturales o personales (e.g., cultivo del abuelito, la tierra es rentada, tradiciones locales) que limitan la aplicación de la herramienta RRAF.

La optimización de la política de reemplazo de la herramienta RRAF es meramente financiera, no considerando aspectos ambientales. Hoy en día es evidente que en los procesos de optimización también hay que considerar elementos de valoración de los bienes y servicios ambientales que prestan los cacaotales a la sociedad. Por ejemplo, captura y almacenamiento de largo plazo de carbono, protección y salud de suelos, regulación del ciclo hidrológico y conservación de biodiversidad (in situ o por contribución del cacaotal a la conectividad biológica del paisaje), especialmente agrobiodiversidad.

Finalmente, el modelo es dependiente de la información que se ingrese. El técnico debe ser consciente que diferentes contextos agroecológicos y socioeconómico-culturales posiblemente tengan su propio conjunto de objetivos y supuestos. Por tanto, el técnico debe elaborar opciones ajustadas a cada contexto y detectar patrones generales que podrían aplicarse a todos los procesos de RRAF.

8. Contenido de Figuras

Figura 1. Ejemplo de Árbol de decisión sobre rehabilitar o renovar.....	8
Figura 2. Modelo hipotético para la toma de decisiones de RRAF en cacaotales.....	9
Figura 3. Evaluación del tipo de arquitectura de plantas en cacaotales tradicionales de África.....	9
Figura 4. El modelo idealizado de rehabilitación y renovación agroforestal de cacaotales.....	13
Figura 5. Curva de evolución de la productividad (kg/planta) en función de la edad (años).....	14
Figura 6. Relaciones de productividad y edad según tres densidades de siembra.....	15
Figura 7. Efecto de la mortalidad en la productividad en sistemas de baja y alta densidad de cacao.....	16
Figura 8. Práctica de bajar la copa para rehabilitar cacaotales en Guayaquil, Ecuador.....	19
Figura 9. Eliminación de ramas viejas, enfermas e improductivas para rehabilitar cacaotales.....	20
Figura 10. Productor con podadora de altura para rehabilitar cacaotales semi-abandonados.....	20
Figura 11. Árboles de cacao recepados.....	21
Figura 12. Árboles de cacao en producción luego de recepados e injertado con un nuevo tejido.....	22
Figura 13. Nueva planta de cacao que crecerá en reemplazo de un árbol viejo o improductivo.....	23
Figura 14. Renovación método Turrialba: Árboles nuevos reemplazando árboles de cacao viejos.....	24
Figura 15. Nuevas copas de cacao en crecimiento luego de injertadas en chupones basales.....	25
Figura 16. Injertos en troncos gruesos para renovar copas.....	25
Figura 17. Costos e ingresos totales por etapa de producción del SAF defensor.....	38
Figura 18. Proporción de ingreso por componente del SAF defensor.....	39
Figura 19. Ingresos y costos del SAF defensor.....	40
Figura 20. Ganancias netas por hectárea del SAF defensor.....	41
Figura 21. Costos e ingresos totales por etapa de producción del SAF retador.....	47
Figura 22. Proporción de ingreso por componente del SAF retador.....	48
Figura 23. Ingresos y costos del SAF retador.....	48
Figura 24. Ganancias netas por hectárea del SAF retador.....	49
Figura 25. Comparación en ingresos y costos, SAF retador vs defensor.....	50
Figura 26. Comparación ganancias netas absolutas y relativas entre SAF retador vs defensor.....	51
Figura 27. VAN de la RRAF total en función del año de renovación.....	54
Figura 28. Tiempo óptimo de renovación si el costo de oportunidad es 15%.....	54
Figura 29. Ganancias netas y flujos de caja descontados proyectados en el RRAF por partes.....	56

9. Contenidos de Cuadros

Cuadro 1. Procedimiento para transformar ganancias futuras a valores actuales (US\$)	29
Cuadro 2. Descripción del sitio donde se realizará la RRAF	31
Cuadro 3. Estructura del cacaotal defensor por etapa de producción	32
Cuadro 4. Número de veces por año que se aplica una actividad de manejo en el cacaotal defensor	33
Cuadro 5. Cantidad de insumos y costos unitarios durante el establecimiento del SAF defensor	34
Cuadro 6. Cantidad de insumos y costos durante la etapa de inicio de producción del SAF defensor	35
Cuadro 7. Cantidad de insumos y costos durante la etapa de plena producción del SAF defensor	36
Cuadro 8. Rendimientos de cacao, cultivos anuales y especies de sombra del SAF defensor	37
Cuadro 9. Resumen de ingreso, costos, ganancias netas y VAN del SAF defensor	42
Cuadro 10. Estructura del cacaotal retador por etapa de producción	43
Cuadro 11. Número de veces por año que se aplica una actividad de manejo en el cacaotal retador	44
Cuadro 12. Cantidad de insumos y costos durante la etapa de establecimiento del SAF retador	45
Cuadro 13. Cantidad de insumos y costos durante la etapa de desarrollo del SAF retador	46
Cuadro 14. Cantidad de insumos y costos durante la etapa de plena producción del SAF retador	46
Cuadro 15. Rendimientos de cacao, cultivos anuales y especies de sombra del SAF retador	47
Cuadro 16. Resumen de ingreso, costos, ganancias netas y VAN del SAF retador	49
Cuadro 17. Parámetros de decisión en la herramienta para realizar una RRAF total	51
Cuadro 18. Resumen de los indicadores financieros por SAF generado por la Herramienta RRAF	52
Cuadro 19. Desempeño financiero del programa RRAF total con dos SAF diferentes	53
Cuadro 20. Parámetros de decisión en un programa de RRAF por partes	55
Cuadro 21. Resultados financieros del programa de RRAF por partes	56
Cuadro 22. Matriz de decisión sobre cuándo y cómo realizar el programa de RRAF por partes	57

10. REFERENCIAS

- Adeyemi, A. A. (1999). Effective intercropping systems for young cocoa. *Tropical Science*, 39(1), 1–10.
- Alvim, P. (1964). Estudos sobre o espaçamento de cacau na África. *Cacau Atualidades*, 1, 1–6.
- Ampofo, S., & Osei-Bonsu, K. (1987). Models for rehabilitating small scale cacao farms in Ghana. In *Cocoa Producers Alliance (COPAL), 10th International Cocoa Research Conference, COPAL, Lagos, Nigeria*, p 51–55.
- ANECACAO. (n.d.). *Renovación y rehabilitación*. Retrieved September 10, 2021, from <http://www.anecacao.com>
- Armstrong KB. (1976). A spacing trial with single and multiple stem cocoa. In: *East Malaysia Planters Association Cocoa-Cocunut Seminar, Tawau, Sabah, 1976 Proceedings of the East Malaysia Planters Association Cocoa-Cocunut Seminar*.
- Asare, R., Afari-Sefa, V., Osei-Owusu, Y., & Pabi, O. (2014). Cocoa agroforestry for increasing forest connectivity in a fragmented landscape in Ghana. *Agroforestry Systems*, 88(6), 1143–1156. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9688-3>
- Azman, I., & Mohd Noor, M. (2002). The Optimal Age of Oil Palm Replanting. *Oil Palm Industry Economic Journal*, 2(1), 11–18.
- Bastide P, P. D. & L. P. (2008). Influence de la mortalité des cacaoyers sur la stabilité de la production dans une plantation industrielle. *Tropicicultura*, 26(1), 33–38.
- Blaser, W. J., Oppong, J., Hart, S. P., Landolt, J., Yeboah, E., & Six, J. (2018). Climate-smart sustainable agriculture in low-to-intermediate shade agroforests. *Nature Sustainability*, 1(5), 234–239. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0062-8>
- Calvo, G., & von Platen, H. (1996). *Cacao-laurel-plátano: Costos y beneficios financieros. Serie Técnica Informe Técnico No. 264*. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Charles, A. E. (1961). Spacing and shade trials with cacao. *Papua and New Guinea Agricultural Journal*, 14(1), 1–15.
- Clough, Y., Faust, H., & Tschardtke, T. (2009). Cacao boom and bust: sustainability of agroforests and opportunities for biodiversity conservation. *Conservation Letters*, 2(5), 197–205. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2009.00072.x>
- Dias, L. A. S., Santos, M. M., Santos, A. O. S., Almeida, C. M. V. C., Cruz, C. D., & Carneiro, P. C. S. (2000). Effect of planting density on yield and incidence of witches' broom disease in a young plantation of hybrid cacao trees. *Experimental Agriculture*, 36(4), 501–508. <https://doi.org/10.1017/S00144797000106X>
- Dubon, A., & Sánchez, J. (2016). *Manual de producción de Cacao. FHIA, La Lima, Cortés, Honduras, C.A. (Segunda)*.
- Enríquez, G. A., & Paredes, A. (1978). *Notas sobre el cultivo de cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba - Costa Rica. Instituto interamericano de Ciencias Agrícolas. p 5 - 39*.
- FAO. (2021). *FAOSTAT statistical database*. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- FEDECACAO. (n.d.). *Renovación y rehabilitación*. Retrieved September 10, 2021, from <https://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/>
- ICCO. (2021). *World Cocoa Bean Production, Grindings and Stocks*. https://www.icco.org/wp-content/uploads/Supply-Demand_QBCS-XLVII-No.-3.pdf
- Imbach, A. (1987). *Análisis económico - financiero de fincas pequeñas con sistemas mixtos de producción; metodología y estudio de caso en fincas de Jocoro, El Salvador*.
- Itty, P., & Bidaux, A. (1992). Introduction to financial and economic analysis of agricultural projects. *Schriftenreihe / ETH Zürich, Institut Für Agrarwirtschaft, 1992*. <https://doi.org/10.3929/ETHZ-A-000662734>

- Jagoret, P., Kwesseu, J., Messie, C., Michel-Dounias, I., & Malézieux, E. (2014). Farmers' assessment of the use value of agrobiodiversity in complex cocoa agroforestry systems in central Cameroon. *Agroforestry Systems*, 88(6), 983–1000. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9698-1>
- Jagoret, Patrick, Michel-Dounias, I., & Malézieux, E. (2011). Long-term dynamics of cocoa agroforests: a case study in central Cameroon. *Agroforestry Systems*, 81(3), 267–278. <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9368-x>
- Jagoret, Patrick, Michel-Dounias, I., Snoeck, D., Ngnogué, H. T., & Malézieux, E. (2012). Afforestation of savannah with cocoa agroforestry systems: a small-farmer innovation in central Cameroon. *Agroforestry Systems*, 86(3), 493–504. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9513-9>
- Jagoret, Patrick, Michel, I., Ngnogué, H. T., Lachenaud, P., Snoeck, D., & Malézieux, E. (2017). Structural characteristics determine productivity in complex cocoa agroforestry systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(6), 60. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0468-0>
- Kent, J., & Ammour, T. (2012). *Análisis financiero y económico de la producción de madera en sistemas agroforestales*. In Detlefsen, G; Somarriba, E. eds. CATIE. 91-111 p.
- Kotagama, H. B., Al-Alawi, A. J. T., Boughanmi, H., Zekri, S., Mbagha, M., & Jayasuriya, H. (2014). Economic Analysis Determining the Optimal Replanting Age of Date Palm. *Journal of Agricultural and Marine Sciences [JAMS]*, 19, 51. <https://doi.org/10.24200/jams.vol19iss0pp51-61>
- Kowal, J. M. L. (1959). The effect of spacing on the environment and performance of cacao under Nigerian conditions. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, 27(106), 138–149.
- Laryea. (1969). Cocoa Rehabilitation in Ghana. *International Cocoa Research Conference, Accra, Ghana*, 37–48.
- Lockwood, G., & Yin, J. P. T. (1996). Yields of Cocoa Clones in Response to Planting Density in Malaysia. *Experimental Agriculture*, 32(1), 41–47. <https://doi.org/10.1017/S0014479700025837>
- Mahrizal, Nalley, L. L., Dixon, B. L., & Popp, J. S. (2014). An optimal phased replanting approach for cocoa trees with application to Ghana. *Agricultural Economics (United Kingdom)*, 45(3), 291–302. <https://doi.org/10.1111/agec.12065>
- Matlick, B. K., Purdy, L. H., & Stevenson, C. (1999). *Technical support to Haitian cacao*. South East Consortium for International Development (SECID)/Auburn University, PLUS Report No. 48. Auburn, Alabama, USA. p 40.
- Mooleedhar, V., & F. L. (1990). Effect of spacing on yield in improved clones of Theobroma cacao L. *Tropical Agriculture*, 67(4), 376–378.
- Orozco-Aguilar, L., López-Sampson, A., Leandro-Muñoz, M. E., Robiglio, V., Reyes, M., Bordeaux, M., Sepúlveda, N., & Somarriba, E. (2021). Elucidating Pathways and Discourses Linking Cocoa Cultivation to Deforestation, Reforestation, and Tree Cover Change in Nicaragua and Peru. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.635779>
- Pacheco et al. (2003). No Title. *Efeito de Espacamento Na Producao e Estado Fitossanitario Do Cacaueiro Sob Cobertura de Pupunha Na Regiao Cacaueira Da Bahia*.
- Perrin, R. K. (1972). Asset Replacement Principles. *American Journal of Agricultural Economics*, 54(1), 60–67. <https://doi.org/10.2307/1237734>
- Quiroz, J., V & Amores, F. (2002). Rehabilitación de plantaciones tradicionales de cacao en Ecuador. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, No. 63, p. 7 3-8 0.
- Ruf, F. (1995). From forest rent to tree-capital: basic 'laws' of cocoa supply. In *Cocoa cycles: the economics of cocoa supply* (p. Pages 1–54 in F. Ruf, P.S. Siswoputranto, editors). Woodhead Publishers.
- Ryan, D., Bright, G. A., & Somarriba, E. (2009). Damage and yield change in cocoa crops due to harvesting of timber shade trees in Talamanca, Costa Rica. *Agroforestry Systems*, 77(2), 97–106. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9222-1>

- Smith, R. W. (1960). The Spacing of West African Amelonado Cocoa in Ghana. *Journal of Horticultural Science*, 35(3), 176–184. <https://doi.org/10.1080/00221589.1960.11513982>
- Somarriba, E., & Lachenaud, P. (2013). *Successional cocoa agroforests of the Amazon–Orinoco–Guiana shield*. *Forests, Trees and Livelihoods*, 22(1), 51–59. <https://doi.org/doi:10.1080/14728028.2013.770316>.
- Somarriba, E. & Quesada, F. (2005). *El diseño y manejo de la sombra en el cacaotal*. Serie Técnica Manual Técnico 59. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 55 p.
- Somarriba, E. (1994). *Sistema de Cacao - Platano - Laurel, el concepto*. Serie Técnica No. 226. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 20 p.
- Somarriba, Eduardo, & Lopez-Sampson, A. (2018). *Coffee and Cocoa Agroforestry Systems: Pathways to Deforestation, Reforestation, and Tree Cover Change* (p. 51). LEAVES-The World Bank.
- Somarriba, Eduardo, Peguero, F., Cerda, R., Orozco-Aguilar, L., López-Sampson, A., Leandro-Muñoz, M. E., Jagoret, P., & Sinclair, F. L. (2021). Rehabilitation and renovation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) agroforestry systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(5), 64. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00717-9>
- Souza, C. A. S., Dias, L. A. dos S., Aguilar, M. A. G., Songheti, S., Oliveira, J., & Costa, J. L. A. (2009). Cacao yield in different planting densities. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(6), 1313–1320. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000600001>
- Urquhart, D. H. (1961). *Cocoa* (Segunda ed). Longmans, Green and Co. Cited in: R.A Kotey, C.D. Okali, & B.E. Rourke (Eds), 1974. *The Economics of cocoa production*. Technical Publication No 33, Institute of Statistical, Social and Economic Research (ISSER), University of Ghana, Legon, 3 pp.
- Vaz. (1995). *Rehabilitacion de cacaotales, conceptos basicos*. Módulo de capacitacion para productores. CATIE/GTZ.
- Vernon, A. J. (1971). Cocoa spacing, pruning, and random death. In: *3rd International Cocoa Research Conference, Lagos, Nigeria*, 338–345.
- Ward, L. E., & Faris, J. E. (1968). A Stochastic Approach to Replacement Policies for Plum Trees. In *Giannini Foundation Monograph* (Vol. 22). University of California Division of Agricultural Sciences.
- WCF. (2021). *Cocoa and Forest Initiative*. The Challenge of Chocolate and Forests. <https://www.worldcocoafoundation.org/initiative/cocoa-forests-initiative/>
- Wessel, M., & Quist-Wessel, P. M. F. (2015). Cocoa production in West Africa, a review and analysis of recent developments. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 74–75, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2015.09.001>



mcca | Maximizando Oportunidades
en Café y Cacao en las Américas

