

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL.

**ALMACENAMIENTO DE CARBONO Y ANÁLISIS DE  
RENTABILIDAD EN SISTEMAS AGROFORESTALES CON  
*Coffea arabica* (L.) EN LA ZONA DE LOS SANTOS, COSTA  
RICA.**

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON EL  
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA.

ROBERTO JOSÉ CASTRO SOLÍS.

CARTAGO, COSTA RICA.  
DICIEMBRE, 2017.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL.

**ALMACENAMIENTO DE CARBONO Y ANÁLISIS DE  
RENTABILIDAD EN SISTEMAS AGROFORESTALES CON  
*Coffea arabica* (L.) EN LA ZONA DE LOS SANTOS, COSTA  
RICA.**

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON EL  
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA.

ROBERTO JOSÉ CASTRO SOLÍS.

CARTAGO, COSTA RICA.  
DICIEMBRE, 2017



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)..

ALMACENAMIENTO DE CARBONO Y ANÁLISIS DE RENTABILIDAD EN  
SISTEMAS AGROFORESTALES CON *Coffea arabica* (L.) EN LA ZONA DE LOS  
SANTOS, COSTA RICA.

Roberto José Castro Solís \*

## RESUMEN

El cultivo del café es uno de los productos agrícolas más importantes a nivel nacional. La zona de los Santos es una región cafetalera que destaca por su café de alta calidad, sin embargo, la acción del cambio climático y prácticas de manejo inadecuadas ponen en riesgo su producción. Ante tal situación la incorporación de árboles en los cafetales surge como una alternativa muy interesante, ya que tienen posibilidad de generar productos y beneficios financieros, ambientales y sociales que mejoran la sostenibilidad del sistema. La presente tesis tiene como objetivo general determinar cuál es el arreglo que presenta los mayores beneficios integrales dentro de un sistema agroforestal en la Zona de los Santos. Los arreglos evaluados fueron *café-Persea americana*, *café-Grevillea robusta*, *café-Erythrina* sp. y *café-Pleno sol*. Mediante un diseño completamente aleatorio y un análisis financiero, se determinó cual combinación almacenó mayor carbono en el sistema y cuál arreglo fue el de mayor rentabilidad.

**Palabras clave:** Zona de los Santos, Sistemas agroforestales, Café, Captura de carbono, Rentabilidad del sistema.

## ABSTRACT

Coffee cultivation is one of the most important agricultural products nationwide. The Santos area is a coffee region that stands out for its high quality coffee, however, the action of climate change and inadequate management practices put their production at risk. Given this situation, the incorporation of trees in the coffee plantations emerges as a very interesting alternative, since they have the possibility of generating products and financial, environmental and social benefits that improve the sustainability of the system. The general objective of this thesis is to determine which arrangement presents the greatest integral benefits within an agroforestry system in the Zona de los Santos. The evaluated arrangements were coffee-*Persea americana*, coffee-*Grevillea robusta*, coffee-*Erythrina* sp. and coffee-Full sun. Through a completely randomized design and a financial analysis, it was determined which combination stored the most carbon in the system and which arrangement was the most profitable

**Keywords:** Zona de los Santos, Agroforestry systems, Coffee, Carbon storage, System profitable.

\*Castro Solís, RJ. 2017. Almacenamiento de carbono y análisis de rentabilidad en sistemas agroforestales con *Coffea arabica* en la Zona de los Santos, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 81p.

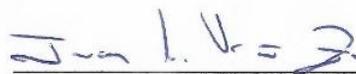
## CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por M.Sc. Mario Guevara Bonilla, Lic. Juan Ureña Zúñiga, M. Sc. Maribel Jiménez Montero y Ph D. Edwin Esquivel Segura como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



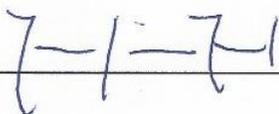
---

Mario Guevara Bonilla M.Sc.  
Director de tesis.



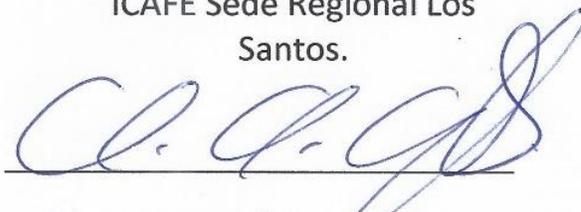
---

Juan Ureña Zúñiga Lic.  
ICAFE Sede Regional Los  
Santos.



---

Maribel Jiménez Montero M.Sc.  
Profesora Lectora.



---

Edwin Esquivel Segura Ph D.  
Profesor Lector.



---

Dorian Carvajal Vanegas.  
Coordinador Trabajos Finales  
de Graduación



---

Roberto José Castro Solís.  
Estudiante

## **DEDICATORIA.**

Quiero dedicarle esta tesis a todas y cada una de las personas que de una u otra forma me tendieron una mano he hicieron que esto sea posible, llámense familiares, llámense amigos, llámense profesores, la verdad que sin ellos no hubiera logrado llegar hasta acá, para ellos mi tesis.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Quiero agradecerle a mi padre Roberto Castro, a mi madre Marta Solís y a mis hermanos Maricruz y Sebastián, que siempre han estado allí para apoyarme.

Quiero agradecerle al TEC y a la EIFO por permitirme ser un estudiante más de sus aulas.

A los profesores y profesoras que colaboraron con el desarrollo de esta tesis, a Mario, a Edwin, a Maribel, a Rodolfo, a Olman.

Al ICAFE Sede Regional los Santos donde quiero agradecerle a Adrián, a Juan, a Cristian y a Mainor por las herramientas y ayuda que me brindaron.

A mis compañeros y compañeras Brayan, Juan José, Iván, María Luisa, Yerlin, Jorge, Marian, Andrea, Paola y Joseline, que han llegado a ser prácticamente hermanos para mí.

Pero sobre todo quiero agradecerle a Dios por la oportunidad que me ha permitido vivir y todas las experiencias y momentos compartidas en esta etapa que llevo dentro de mí.

GRACIAS A TODOS.

# INDICE GENERAL.

RESUMEN .....	i
ABSTRACT .....	ii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE ANEXOS.....	x
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
Hipótesis general.....	3
CAPÍTULO 1: ALMACENAMIENTO DE CARBONO.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
Diseño de muestreo.....	8
Variables evaluadas.....	9
Área basal.....	9
Cuantificación de Carbono.....	10
Análisis estadístico.....	14
RESULTADOS.....	15
Cuantificación de carbono.....	15
DISCUSIÓN.....	19
CONCLUSIONES.....	23
RECOMENDACIONES.....	23
REFERENCIAS.....	24
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS FINANCIERO.....	28
RESUMEN.....	29
ABSTRACT.....	29
INTRODUCCIÓN.....	30

MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
Modelos de producción de café.....	33
Análisis financiero de los SAF.....	33
Supuestos del análisis financiero.....	33
Escenarios financieros.....	35
Estructura de costos.....	36
Costos para los años 0 y 1 de la producción cafetalera.....	36
Costos del Año 2 en adelante de la actividad cafetalera.....	38
Ingresos de la actividad cafetalera del año 2 en adelante (primera producción a los 2 años y medio).....	43
Costos de la producción de aguacate.....	44
Ingresos por venta de aguacates.....	52
PSA-SAF.....	52
Costos de producción para la gravilia.....	53
Ingresos por venta de madera.....	57
Costos de producción del poró.....	59
Modelos de producción.....	59
Cálculo de los indicadores financieros.....	59
RESULTADOS.....	60
Análisis financiero.....	60
Datos obtenidos para café.....	60
Datos obtenidos para el aguacate.....	61
Datos obtenidos para gravilia.....	62
Utilidades reales e indicadores financieros para los modelos de producción.....	63
DISCUSIÓN.....	66
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS.....	69
REFERENCIAS GENERALES.....	72
ANEXOS.....	73

## INDICE DE CUADROS.

Núm.	Nombre	Pág.
<b>Cuadro 1.</b>	Densidad utilizada para cada especie arbórea evaluada en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	13
<b>Cuadro 2.</b>	Carbono almacenado promedio por arreglo en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	17
<b>Cuadro 3.</b>	Carbono almacenado promedio por rango de G (m <sup>2</sup> /ha) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	18
<b>Cuadro 4.</b>	Tasas de interés reales para cada escenario propuesto obtenidas de acuerdo con el Banco Central de Costa Rica el primero de junio del 2017 y a la inflación interanual reportada para junio del 2017. ....	36
<b>Cuadro 5.</b>	Dosis por suministrar de cada insumo (u/ha/año) para los años 0 y 1 y el costo unitario por insumo (₡) para una plantación de café con una densidad de 5000 plantas/ha en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	38
<b>Cuadro 6.</b>	Dosis por insumo (u/ha/año) y costo unitario por insumo (₡) para una plantación de café con una densidad de 5000 plantas/ha del año 2 en adelante en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	40
<b>Cuadro 7.</b>	Otros costos por hectárea de la actividad cafetalera en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	41
<b>Cuadro 8.</b>	Definición de los grupos y subgrupos conformados por insumos utilizados en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	42
<b>Cuadro 9.</b>	Producción de café por hectárea para los primeros años de producción (año 2 al año 5) en cafetales ubicados en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	44
<b>Cuadro 10.</b>	Dosis a suministrar (u/ha/año) y costo unitario de los insumos (₡) para producir aguacate en SAF con café los años 0,1, 2, 3 y 4 en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	46
<b>Cuadro 11.</b>	Dosis a suministrar y costo unitario de los insumos (₡) para producir aguacate dentro de un SAF con café a partir del año 5 en la Zona de los Santos, Costa Rica con una densidad. ....	48

<b>Cuadro 12.</b> Definición de los grupos y subgrupos conformados por insumos utilizados en la producción de aguacate en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	50
<b>Cuadro 13.</b> Definición de los grupos y subgrupos conformados por insumos utilizados en la producción de aguacate en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	51
<b>Cuadro 14.</b> Insumo otorgado por FONAFIFO a productores bajo la modalidad PSA-SAF y distribución a lo largo de 5 años de contrato.....	53
<b>Cuadro 15.</b> Cronograma de actividades de manejo de la gravilia durante los 20 años de duración del ciclo en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	55
<b>Cuadro 16.</b> Horas por año necesarias para manejar la gravilia y costo en mano de obra con ₡1 224,86/hora y 43,64% de cargas sociales en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	56
<b>Cuadro 17.</b> Valores unitarios de insumos para el manejo de gravilia en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	57
<b>Cuadro 18.</b> Dosis de cada insumo que se utilizará por hectárea o por árbol en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	57
<b>Cuadro 19.</b> Costos de mano de obra para la producción de poró en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	59
<b>Cuadro 20.</b> Producción total y producción por hectárea de café reportadas para la Zona de los Santos de la cosecha 2010-2011 hasta la cosecha 2015-2016. ....	60
<b>Cuadro 21.</b> Promedio, desviación estándar y límites superior e inferior de la producción de café en 2 Dhl/ha por hectárea para la Zona de los Santos de la cosecha 2010-2011 hasta la cosecha 2015-2016.....	61
<b>Cuadro 22.</b> Precios por fanega reportados de la cosecha 2010-2011 hasta la cosecha 2015-2016 y su promedio histórico en colones para Costa Rica. ....	61
<b>Cuadro 23.</b> Producción en kilos de aguacate por árbol esperada por año hasta su estabilización e ingreso total por árbol en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	62

<b>Cuadro 24.</b> FRD, L, v (m <sup>3</sup> ), v (PMT), $\Phi$ /árbol y $\Phi$ /ha calculados para 156 árboles de gravilia (h= 20 m, d= 40 cm) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	62
<b>Cuadro 25.</b> Utilidades reales obtenidas para cada escenario productivo en colones por hectárea en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	64
<b>Cuadro 26</b> Indicadores financieros calculados para cada modelo productivo en cada escenario financiero en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica. ....	65

## INDICE DE FIGURAS.

Núm.	Nombre	Pág.
<b>Figura 1.</b>	Área de estudio, ubicación y numeración de parcelas en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	8
<b>Figura 2.</b>	Distribución de los semicírculos dentro de la parcela circular de 500m <sup>2</sup> . ....	10
<b>Figura 3.</b>	A: Carbono capturado (Mg/ha) por el suelo en función del área basal (G) (m <sup>2</sup> /ha). B: Carbono capturado (Mg/ha) por la hojarasca en función de G (m <sup>2</sup> /ha). C: Carbono capturado (Mg/ha) por el componente arbóreo en función de G (m <sup>2</sup> /ha). D: Carbono capturado (kg/planta) por el café en función de G (m <sup>2</sup> /ha)...	16

## INDICE DE ANEXOS.

Núm.	Nombre	Pág.
<b>Anexo 1</b>	Equipo agrícola requerido, cantidad requerida por hectárea, valor unitario (₡) y valor por hectárea (₡) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	74
<b>Anexo 2</b>	Flujo financiero para la producción de café parte 1 (del año 0 al año 10) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	75
<b>Anexo 3</b>	Flujo financiero para la producción de café parte 2 (del año 11 al año 20) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	76
<b>Anexo 4</b>	Flujo financiero para la producción de aguacate parte 1 (del año 0 al año 10) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	77
<b>Anexo 5</b>	Flujo financiero para la producción de aguacate parte 2 (del año 11 al año 20) .....	78
<b>Anexo 6</b>	Flujo financiero para la producción de gravilia parte 1 (del año 0 al año 10) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	79
<b>Anexo 7</b>	Flujo financiero para la producción de gravilia parte 2 (del año 11 al año 20) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	80
<b>Anexo 8</b>	Flujo financiero para la producción de poró parte 1 (del año 0 al año 10) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	81
<b>Anexo 9</b>	Flujo financiero para la producción de poró parte 2 (del año 11 al año 20) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.....	81

## **INTRODUCCIÓN GENERAL.**

Dentro de las actividades económicas desarrolladas en Costa Rica, una muy importante es la actividad cafetalera, la cual cuenta con gran importancia histórica, ya que fue una actividad pionera en la economía nacional a finales y después de la época colonial, además es considerada la columna vertebral de la historia económica de Costa Rica ya que incorporó al país a al mercado mundial junto con el banano (Granados, 2004).

Este sector sigue manteniendo su importancia cultural y económica en Costa Rica, por ejemplo, para el año 2014 un total de 26 527 fincas manejaban este cultivo en todo el país, las cuales comprendían 84 133,1 ha de terreno, de los cuales 75 184,8 ha se encontraban en edad productiva (INEC, 2015). Para la cosecha 2014-2015, esas fincas produjeron 1 883 162,45 sacos de 46 kg, de ellas el 85 % fue destinada a exportación, desde la cosecha 2011-2012 el dato de producción experimentaba un decrecimiento hasta la cosecha 2015-2016 donde la producción de todo el país alcanzó 2 130 504, 65 sacos de 46 kg, exportando el 82 % de acuerdo con las bases de datos del ICAFE que son consultables en la página principal de esta institución.

Sin embargo, la situación climática actual que enfrenta el planeta, es muy preocupante en todo el sector agrícola, principalmente en sectores tropicales donde los impactos del cambio climático se espera que sean mayores (Altieri y Nicholls, 2009).

Como consecuencia directa de la situación climática, está la cosecha deficiente del cultivo en términos de producción y calidad, aunado a esto la caída del precio del café en los mercados internacionales ha generado un decaimiento de la actividad principalmente en pequeños productores (Rojas et al., 2004).

Ante tal situación, se torna de vital importancia buscar alternativas como nuevos nichos de mercado, mejorar los procesos de producción, recolección y procesamiento del grano (Rojas et al., 2004) y mantener estándares sostenibles en cuanto a calidad de la taza de café y procesos amigables con el ambiente, esto para

tener posibilidades de ingreso a mercados con sobre precio del producto (Porras, 2006).

La incorporación de árboles en cafetales en cualquiera de las modalidades de sistemas agroforestales existentes, surge como una alternativa muy interesante, ya que tienen posibilidad de generar productos y beneficios financieros, ambientales y sociales que mejoran la sostenibilidad del sistema (Rojas et al., 2004), dentro de los grupos de árboles que se podrían considerar para integrar un sistema agroforestal con café, están los árboles maderables, árboles frutales y árboles de servicio.

El siguiente estudio está compuesto de dos capítulos, en el primero se analiza qué arreglo es más adecuado para el almacenamiento de carbono y el segundo corresponde a un análisis de rentabilidad para comprobar qué arreglo genera los mayores beneficios financieros, además se comprobó si la presencia de árboles en el sistema genera mayores beneficios tanto ambientales como financieros en comparación con los sistemas sin sombra. Ambos capítulos son específicos para los cafetales presentes en los tres cantones más importantes en la Zona de los Santos.

El proyecto se realizó en un periodo de seis meses (de mayo a octubre del 2017) y se limitó a las diferencias que puedan surgir en las variables evaluadas a partir solamente de combinar el café con una especie arbórea y no a otras variables ambientales o geográficas. El estudio también se limitó a sistemas agroforestales ya establecidos en la zona de estudio.

El objetivo general del estudio fue determinar cuál es el arreglo que presenta los mayores beneficios integrales dentro de un sistema agroforestal en la Zona de los Santos y los objetivos específicos son cuantificar y comparar el carbono fijado por los diferentes componentes en cada sistema evaluado, comprobar si existe efecto del área basal presente en el SAF-café sobre el carbono fijado y estimar cuál arreglo presenta mayor rentabilidad por medio de los indicadores financieros.

La investigación enfocada al almacenamiento de carbono es de tipo correlacional en la que se intentó describir la relación entre el arreglo empleado y el área basal existente en la parcela con el carbono captado por el sistema. En el enfoque financiero se planteó una investigación de tipo longitudinal en la que se proyectan los costos e ingresos a obtener en los cuatro modelos productivos establecidos.

Considerando el tipo de estudio, se planteó una hipótesis general para ambas investigaciones, la cual se presenta a continuación:

**Hipótesis general.**

Al combinar la siembra de café con alguna especie arbórea se obtienen mayores beneficios en variables ambientales y financieras que en la siembra de café en monocultivo.

**CAPÍTULO 1:**  
**ALMACENAMIENTO DE CARBONO.**

## RESUMEN.

Como consecuencia del cambio climático, se esperan cambios drásticos en la distribución del *Coffea arabica* (café), en Costa Rica. Por tal motivo existe la necesidad de buscar alternativas de producción de café resilientes al cambio climático y que aumenten la captura de carbono tanto a nivel de vegetación como a nivel del suelo. Se desarrolló un estudio correlacional de carácter descriptivo en los cantones de Dota, Tarrazú y León Cortés con el objetivo de determinar cuál arreglo (café-especie arbórea) utilizado en la zona es la más adecuado para el almacenamiento de carbono. Se estableció un diseño completamente aleatorio con 4 tratamientos y 3 repeticiones. A partir de parcelas circulares, se tomaron muestras de diferentes niveles de captura de carbono. Se encontraron diferencias significativas en el carbono captado por la hojarasca explicadas por el arreglo utilizado ( $p = 0,0189$ ). Además se encontraron diferencias explicadas por el área basal utilizada en los niveles de suelo ( $p = 0,0038$ ) y árboles ( $p = 0,0022$ ). No se encontraron diferencias significativas entre las demás comparaciones realizadas, esto debido a las condiciones naturales de la zona de estudio y al manejo que estos sistemas agroforestales reciben. Sin embargo, las repeticiones establecidas no fueron suficientes para obtener resultados más aceptables.

Palabras clave: Zona de los Santos, Sistemas agroforestales, *Coffea arabica*, Captura de carbono, NAMA-café.

## ABSTRACT.

As a consequence of climate change, drastic changes are expected in the distribution of *Coffea arabica* (coffee), in Costa Rica. For this reason, there is a need to seek alternatives for coffee production that are resilient to climate change and that increase carbon capture both at the vegetation and soil level. A correlational study was developed in the cantons of Dota, Tarrazú and León Cortés in order to determine which arrangement (coffee-tree species) used in the area is the most suitable for carbon

storage. A completely randomized design with 4 treatments and 3 repetitions was established. From circular plots, samples of different levels of carbon capture were taken. Significant differences were found in the carbon captured by leaf litter explained by the arrangement used ( $p = 0.0189$ ). In addition, differences were found explained by the basal area used in the soil levels ( $p = 0.0038$ ) and trees ( $p = 0.0022$ ). No significant differences were found among the other comparisons made, due to the natural conditions of the study area and the management that these agroforestry systems receive. However, the established repetitions were not enough to obtain more acceptable results.

Keywords: Zona de los Santos, Agroforestry systems, *Coffea arabica*, Carbon storage, NAMA-café.

## **INTRODUCCIÓN.**

En la región centroamericana se han experimentado los efectos del cambio climático en diferentes áreas, una de ellas es la agricultura y por ende el sector cafetalero. Imbach et al. (2017) realizaron modelaciones donde se estima que las regiones idóneas para la producción de café (*Coffea arabica*) se reducirán hasta un 88 % en el 2050. El mismo estudio detalla que aumentos en la temperatura de zonas montañosas podrían generar nuevas zonas óptimas para el café en varios países, entre ellos Costa Rica, por lo que se torna importante generar investigación relacionada con el tema en sitios montañosos como la Zona de los Santos.

La incorporación de árboles en cafetales (SAF-café) ha sido estudiada en cuanto a las ventajas que reciben ambos componentes, especialmente el café del cual se expone que es beneficiado en cuanto a fotosíntesis, balance hídrico, nutrición, producción, entre otras cosas, siempre y cuando no se exceda el porcentaje de sombra, ya que de todas maneras dicha variable depende de las características del sitio (Montagnini et al., 2015). Como propuesta de adaptación al cambio climático, los SAF-café surgen como alternativa para aumentar el almacenamiento de carbono por medio de la

biomasa y el suelo (Ávila et al., 2001), incluso se ha encontrado que en SAF-café la presencia de sombra disminuye la temperatura del suelo, ya que no solo permite una mayor captura de carbono (Peng et al., 2009), sino que también promueve una mayor estabilidad del flujo de carbono, es decir, el carbono permanece almacenado en el suelo mucho más tiempo que en un sistema de café al pleno sol (de Carvalho Gomes et al., 2016).

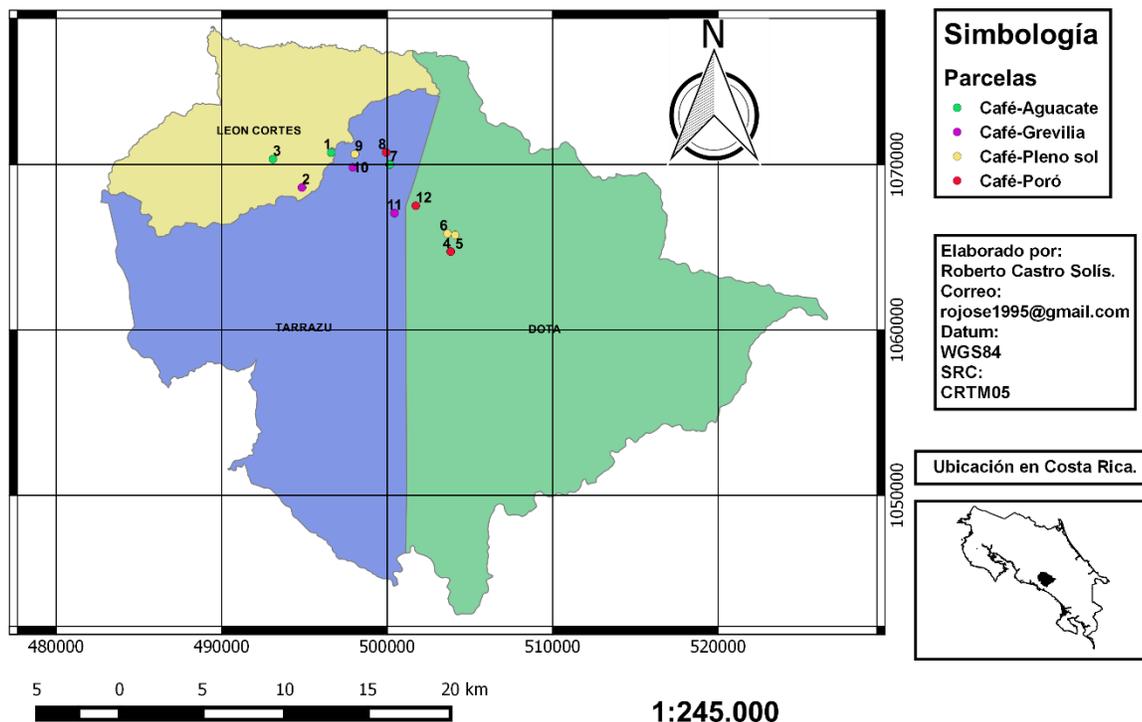
Ante el objetivo asumido por Costa Rica de convertirse en un país carbono neutro, surgen las llamadas medidas nacionales de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI), mejor conocidas por sus siglas en inglés (NAMA). El sector cafetalero cuenta con el NAMA-café, dirigido a todas las actividades cubiertas por este sector, según GIZ y DCC (2015) las NAMA son herramientas implementadas por cada país para generar su propio modelo de desarrollo bajo en emisiones, según los mismos autores el NAMA-café está listo para ser implementado y tiene los objetivos de bajar las emisiones de GEI y mejorar la administración y uso de recursos tanto en fincas como en beneficios, para así obtener el primer café del mundo bajo en emisiones.

La investigación mostrada en este capítulo pretende colaborar con la implementación del NAMA-café en una región muy importante a nivel cafetalero en Costa Rica, ya que tiene como objetivo cuantificar el carbono fijado por los diferentes componentes en cada sistema evaluado y comprobar si existe efecto del área basal presente en el SAF-café sobre el carbono fijado por los niveles evaluados.

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

El estudio se realizó en los cantones de Dota, Tarrazú y León Cortés pertenecientes a la Zona de los Santos (Figura 1), con una altitud promedio de 1 550 msnm, la zona se caracteriza por un clima fresco, húmedo y ventoso todo el año, además cuenta con una estación seca de enero a abril y lluviosa de mayo a diciembre. La precipitación promedio anual registrada para la zona varía entre los 1 500 y los 2 000 mm

(Valenciano, 2008). La ubicación geográfica de la zona en coordenadas CRTM05 es 1 070 000 latitud norte y 500 000 longitud este.



**Figura 1.** Área de estudio, ubicación y numeración de parcelas en la Zona de los Santos, Costa Rica.

### Diseño de muestreo.

Se utilizó un diseño completamente aleatorio en el que se evaluaron tres arreglos café-especie leñosa más el testigo, cada arreglo fue tomado como un tratamiento y cada uno contó con tres repeticiones en diferentes fincas, es decir, se establecieron 12 parcelas en fincas diferentes. Los arreglos evaluados correspondieron a café- Grevilia (*Grevillea robusta*), café- poró (*Erythrina spp*), café- Aguacate (*Persea americana*) y café sin sombra (testigo).

Se seleccionaron fincas con porcentajes promedio de pendiente entre 20 y 45 con un manejo de la sombra similares. El manejo de la sombra fue realizado mediante una poda total y una sombra vigorosa en estación seca con una excepción en la cual los árboles de poró no reciben ningún tipo de poda. En todas las fincas con aguacate los productores utilizan la poda recomendada para este árbol. Todos los SAF-café y los sistemas sin sombra tienen una edad mínima de 25 años. En algunos casos la sombra está compuesta por dos especies arbóreas, en estos casos para determinar el arreglo se seleccionó la especie de sombra con mayor frecuencia dentro de la parcela.

En general la densidad utilizada por los productores es de 1 x 2 m en café y 8 x 8 m en los árboles, estos datos se traducen a 5 000 plantas de café y 156 árboles por hectárea. Las variedades de café más utilizadas en la zona son catuaí (rojo y amarillo) y caturra.

Dentro de cada unidad de manejo (finca) seleccionada, se estableció una parcela circular de 500m<sup>2</sup> (12,62 m horizontales como radio). Cada parcela se construyó a partir de un punto central, el cual fue marcado con una baliza con pintura y con un punto de GPS, los extremos de la parcela se indicaron con balizas marcadas con pintura.

Para la recolección de muestras se procedió a dividir las parcelas como lo explican Delgadillo y Quechulpa (2006) con algunas modificaciones, la parcela fue dividida en 4 semicírculos del mismo tamaño, para ello se requirió una brújula con la que se ubicaron los 4 puntos cardinales, se colocó una baliza con pintura en cada uno de esos puntos a 12,62 m del punto central. De esta manera se obtuvieron los 4 semicírculos de 125 m<sup>2</sup> cada uno, como se muestra en la Figura 2.

### **Variables evaluadas.**

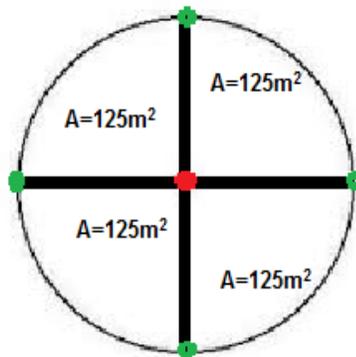
Área basal.

Como primer paso se registró el diámetro (d) a 1, 30 m del suelo de cada árbol dentro de la parcela. Posteriormente se calculó el área basimétrica de cada árbol, sumando

las áreas basimétricas se obtuvo el área basal de la parcela y posteriormente se extrapolaron los valores a hectárea multiplicando el dato de la parcela por 20. Ambos resultados son expresados en  $m^2/ha$ .

Cuantificación de Carbono.

Para la recolección de muestras se dividieron las unidades de muestreo de acuerdo a Delgadillo y Quechulpa (2006), (Figura 2).



**Figura 2.** Distribución de los semicírculos dentro de la parcela circular de  $500m^2$ .

Donde el punto rojo representa el centro de la parcela y los puntos verdes los extremos de la parcela y los semicírculos. A representa el área y el punto de muestreo seleccionado al azar en cada semicírculo.

Mediante un muestreo compuesto a 15 cm de profundidad, se realizó el cálculo de densidad aparente ( $d_a$ ) y la fracción de carbono. Para cada muestra se retiró toda la hojarasca, raíces, entre otras cosas que se encuentren en la superficie para evitar contaminar la misma. Se utilizó el método del cilindro de volumen conocido explicado por Delgadillo y Quechulpa (2006). Se tomaron muestras de densidad aparente cada 5 cm de profundidad hasta los 15 cm (3 muestras). Por parcela se obtuvieron 4 muestras por profundidad, se etiquetaron y empacaron todas las muestras.

Previo al método, fue necesario tamizar las muestras en un tamiz de 2 mm (mesh ATMS N°10) para determinar el porcentaje de grava y de biomasa presentes en el suelo.

Para calcular la densidad aparente en gramos por centímetro cúbico, en el laboratorio se secaron las muestras a 105 °C durante 24 horas, una vez secas las muestras se pesaron para obtener el peso seco (Pss) y se aplicó la fórmula 1.

$$da = Pss/V$$

Fórmula 1

Dónde:

da: densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>).

Pss: Peso del suelo seco (g).

V: Volumen (cm<sup>3</sup>).

La determinación de materia orgánica en el suelo fue realizada mediante el método de pérdida de peso por ignición WLOI (Weight-Loss-On-Ignition), (Magdoff 1996). Se obtuvo una muestra de 10 g de suelo en un crisol pesado previamente, estas se secaron a 105 ° C durante 24 horas, las muestras secas se pesaron, para finalmente calcinar cada muestra en mufla a 450 °C durante 24 horas y se pesó la muestra nuevamente (Pscal). Se realizaron algunas repeticiones para comprobar la exactitud del procedimiento. El contenido de materia orgánica (MO %) se determinó mediante la fórmula 2.

$$\%MO = \frac{Pss - Pscal}{Pss - Pc} * 100$$

Fórmula 2

Dónde:

%MO: Porcentaje de Materia Orgánica.

Pss: Peso del suelo seco.

Pscal: Peso del suelo calcinado.

Pc: Peso del crisol.

Para el contenido de carbono del suelo (CCS), (Mg/ha) se utilizó la densidad aparente promedio por parcela y se aplicó la fórmula reportada por Tabatabai (1996), la cual es la número 3.

$$CCS = \frac{VS * da * \%MO}{2}$$

Fórmula 3.

Dónde:

CCS: Contenido de Carbono del Suelo

VS: Volumen de Suelo.

da: densidad aparente.

%MO: Porcentaje de Materia Orgánica.

Para el caso de la hojarasca (CCH) se recolectó una muestra compuesta de hojarasca con una tapa de un tarro de pintura, la cual se colocó sobre la hojarasca dentro de cada uno de los semicírculos, posteriormente se recolectó el material que se encontraba debajo de la tapa de pintura y se depositó dentro de una bolsa de papel rotulada. Se obtuvieron cuatro muestras individuales por parcela. Se determinó el área muestreada por la tapa que es de forma circular ( $A = \pi r^2$ ), esto para utilizar el dato posteriormente en la extrapolación a hectárea.

Las muestras de hojarasca se secaron a 105 °C por 24 horas, después de ese tiempo se extrajeron y se pesaron en una balanza analítica, el dato obtenido se considera el peso seco de la muestra de hojarasca, el cual se extrapoló a hectárea.

Para la obtención del carbono almacenado a nivel de biomasa, tanto Delgadillo y Quechulpa (2006) como Segura y Andrade (2012) reportan que se obtiene al multiplicar la biomasa del material evaluado por la fracción de carbono, que para términos prácticos, se considera que corresponde a 0,5 que es el valor aceptado por el IPCC.

Para el muestreo del carbono proveniente de los árboles utilizados como sombra, se consideraron todos los árboles dentro de las parcelas circulares y se midió el diámetro a 1,30 m de altura con una cinta diamétrica y se estimó la altura del fuste (h) sin necesidad de ningún instrumento para medir dicha variable, esto debido a que las alturas de los fustes que se manejan en estos SAF tienden a ser bajas. Para muestrear el carbono almacenado por el café, se midió la altura (h') de 20 plantas de café seleccionadas al azar en toda la parcela, para ello se utilizó una cinta métrica.

Para el cálculo de la biomasa aérea (kg) se utilizó la ecuación reportada por Brown, Gillespie, y Lugo (1989) Para aplicar dicha ecuación, se obtuvo la densidad de la madera (s) para cada especie arbórea evaluada. La ecuación utilizada fue la número 4.

$$BioA = e^{[-2,4090+0,9522*\ln(d^2hs)]}$$

Fórmula 4.

Dónde:

BioA: Biomasa Aérea (componente arbóreo).

d: diámetro a la altura del pecho (1,30 m).

h: altura del árbol.

S: densidad de la madera.

En el Cuadro 1 aparecen las densidades utilizadas para cada una de las especies arbóreas en Mg/m<sup>3</sup> con su respectiva referencia.

**Cuadro 1.** Densidad utilizada para cada especie arbórea evaluada en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Espece	Densidad (Mg/m <sup>3</sup> )	Fuente
<i>Persea americana</i>	0,53	(Silva et al., 1999)
<i>Grevillea rubusta</i>	0,6	(Sánchez, 2011)
<i>Erythrina sp.</i>	0,35	(CATIE, sf)

La biomasa abajo del suelo (BioS) se calculó con la fórmula 5 que es reportada por Cairns et al. (1997). Para calcular el carbono fijado en toneladas por hectárea por el componente arbóreo (CCA) se aplicó la fórmula 6.

$$BioS = e^{[-1,0587+0,8836*\ln(BioA)]}$$

Fórmula 5.

$$CCA = (BioA + BioS) * 0,01$$

Fórmula 6.

Dónde:

BioS: Biomasa abajo del Suelo.

BioA: Biomasa Aérea (componente arbóreo).

CCA: Contenido de Carbono del componente Arbóreo.

La literatura reporta pocas fórmulas para el cálculo de la biomasa aérea del café (Bioa) en kilogramos, la fórmula escogida fue reportada por (Ávila et al., 2000), dicha fórmula es la número 7. Esta ecuación presenta 3 constantes, las cuales son: “x” (-46,46), “y” (6,52) y “z” (0,81).

$$Bioa = x + \left\{ y * \left[ \exp \left( \frac{h'}{z} \right) \right] \right\}$$

Fórmula 7.

Dónde:

Bioa: Biomasa aérea (café).

h': altura de las plantas de café.

La fórmula 7 al parecer es funcional para alturas mayores a 1,64 m de altura, para alturas menores la fórmula genera valores erróneos, por este motivo el análisis de datos se limitó a las plantas muestreadas sin extrapolar los valores a hectárea como en los otros componentes, además solo se utilizaron los datos de biomasa arriba del suelo en kg/planta. Para el cálculo de carbono almacenado (CCC), al igual que los demás componentes evaluados, la biomasa arriba del suelo se multiplicó por 0,5.

### **Análisis estadístico.**

Se utilizó el software Infostat 2016 para el respectivo análisis estadístico de los datos, lo primero fue comprobar los supuestos del ANDEVA, para la normalidad de los datos se utilizó el gráfico Q-Q Plot con los residuos de los datos; posteriormente se comprobó la homocedasticidad con los residuos absolutos de los datos, utilizando la

prueba de Levene. Finalmente se realizó un análisis de varianza con comparación de medias utilizando la prueba Tukey con 95% de confiabilidad.

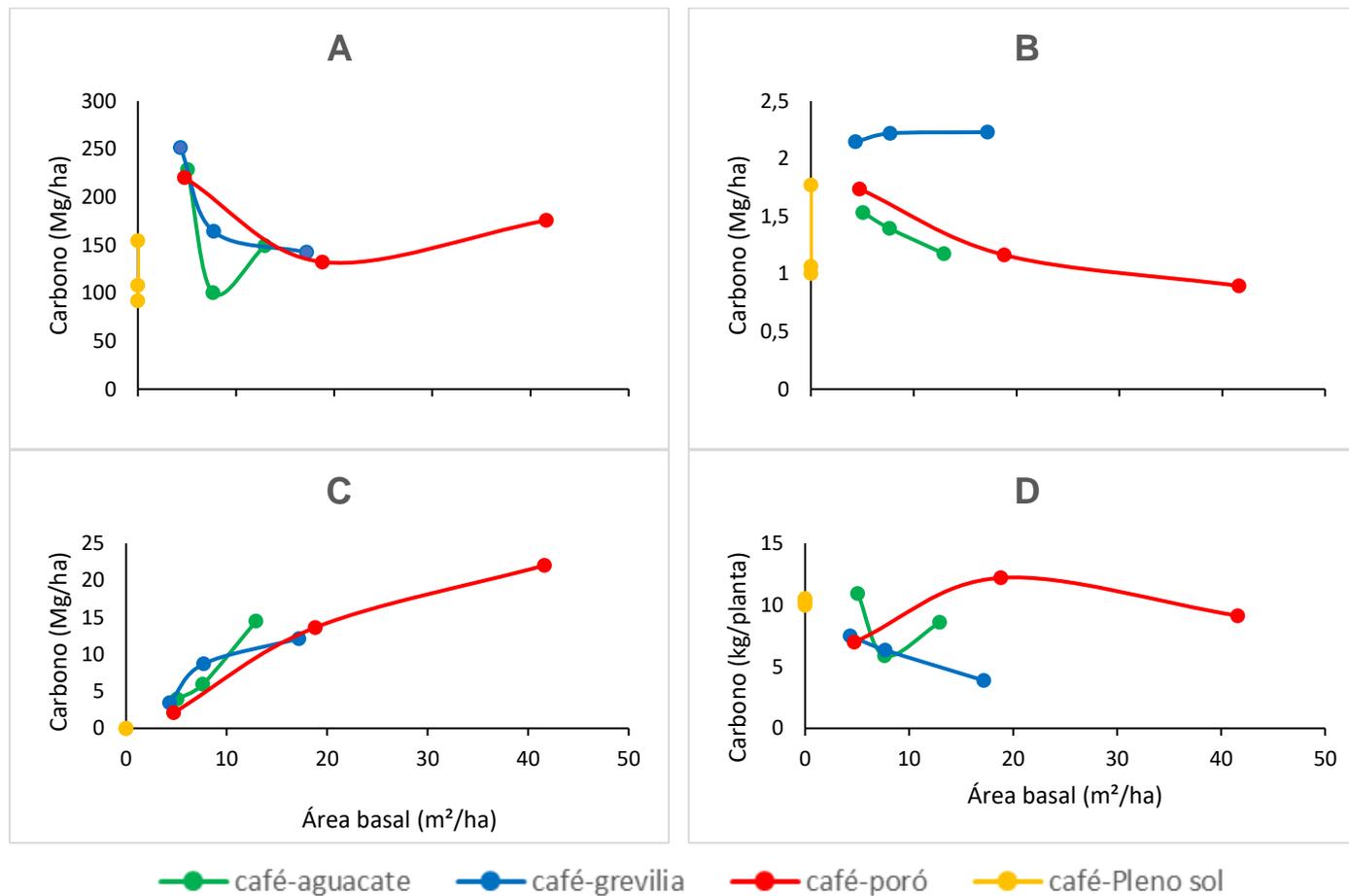
Los diferentes niveles se evaluaron por aparte, las comparaciones se realizaron de acuerdo al arreglo empleado y a un rango de área basal (independiente de la especie), para este último se agruparon los resultados en rangos de área basal que se definieron de acuerdo a los datos obtenidos (0; 0,1-6; 6,1-13 y >13).

## **RESULTADOS.**

### **Cuantificación de carbono.**

En la Figura 3 se muestran los gráficos correspondientes a los datos obtenidos de almacenamiento de carbono a cada nivel evaluado.

En el Cuadro 2 y en el Cuadro 3 se presentan los niveles de carbono almacenado promedio por arreglo y por rango de área basal respectivamente, junto con el coeficiente de regresión ajustado ( $R^2$ ). De acuerdo con el Cuadro 2, no se encontraron diferencias significativas entre los SAF explicadas por el arreglo en sí, a nivel del suelo ( $p= 0,4321$ ), resultados similares se encontraron a nivel del carbono captado por árboles, ya que no se encontraron diferencias significativas explicadas por el arreglo empleado ( $p= 0,1658$ ), ni siquiera con el café al pleno sol a pesar de que el carbono almacenado por árboles en ese arreglo es igual a 0.



**Figura 3.** A: Carbono capturado (Mg/ha) por el suelo en función del área basal (G) (m<sup>2</sup>/ha). B: Carbono capturado (Mg/ha) por la hojarasca en función de G (m<sup>2</sup>/ha). C: Carbono capturado (Mg/ha) por el componente arbóreo en función de G (m<sup>2</sup>/ha). D: Carbono capturado (kg/planta) por el café en función de G (m<sup>2</sup>/ha).

**Cuadro 2.** Carbono almacenado promedio por arreglo en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Arreglo	Nivel evaluado (Mg/ha)			
	CCS (R <sup>2</sup> =0,28)	CCH (R <sup>2</sup> =0,69)	CCA (R <sup>2</sup> =0,45)	CCC (R <sup>2</sup> =0,49) *
café-aguacate	159,34 ± 64,72 (A)	1,37 ± 0,18 (A)	8,14 ± 5,59 (A)	2,70 ± 0,82 (A)
café-gravilia	186,07 ± 57,80 (A)	2,20 ± 0,04 (B)	8,10 ± 4,37 (A)	1,86 ± 0,60 (A)
café-poró	176,11 ± 43,94 (A)	1,27 ± 0,42 (A)	12,58 ± 9,98 (A)	3,02 ± 0,85 (A)
café-Pleno sol	118,17 ± 32, 45 (A)	1,28 ± 0,43 (A)	0 (A)	3,28 ± 0,09 (A)

Letras diferentes indican diferencias significativas.

\*: CCC está expresado en kg/planta.

CCS: carbono capturado por el suelo, CCH: carbono capturado por la hojarasca,

CCA: carbono capturado por los árboles, CCC: carbono capturado por el café.

Se encontraron diferencias significativas entre las densidades utilizadas en los SAF evaluados ( $p = 0,0038$ ) para el carbono almacenado en el suelo (Cuadro 3), siendo el rango de área basal de 0,1-6 m<sup>2</sup> el más beneficioso para la captura de carbono a nivel del suelo. Cada una de las repeticiones de este rango, pertenecen a SAF-café con arreglos diferentes entre ellos (café con aguacate, café con poró y café con grevillia).

**Cuadro 3.** Carbono almacenado promedio por rango de G (m<sup>2</sup>/ha) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Rango G (m <sup>2</sup> /ha)	Nivel evaluado (Mg/ha)			
	CCS (R <sup>2</sup> =0,80)	CCH (R <sup>2</sup> =0,18)	CCA(R <sup>2</sup> =0,82)	CCC(R <sup>2</sup> =0,25)*
0	118,17 ± 32,45 (A)	1,28 ± 0,43 (A)	0 (A)	3,28 ± 0,90 (A)
0,1-6	233,45 ± 16,27 (B)	1,80 ± 0,31 (A)	3,18 ± 0,95 (AB)	2,70 ± 0,70(A)
6,1-13	137,9 ± 22,70 (A)	1,60 ± 0,70 (A)	9,72 ± 5,32 (BC)	2,20 ± 0,47(A)
>13	150,16 ± 33,47 (A)	1,43 ± 0,55 (A)	15,92 ± 4,35 (C)	2,68 ± 1,37 (A)

Letras diferentes indican diferencias significativas.

\*: CCC está expresado en kg/planta.

CCS: carbono capturado por el suelo, CCH: carbono capturado por la hojarasca,

CCA: carbono capturado por los árboles, CCC: carbono capturado por el café.

En cuanto a la hojarasca el análisis muestra diferencias significativas entre el nivel de carbono almacenado por este componente explicadas por el arreglo empleado ( $p=0,0189$ ), la prueba de comparación Tukey señaló que el arreglo café y gravilia es la más apropiada para la captura de carbono a este nivel; por otro lado, el carbono captado a este nivel no parece ser influenciado por el área basal presente en el SAF, ya que no se detectaron diferencias significativas ( $p=0,6527$ ).

Se encontraron diferencias significativas en el carbono captado por los árboles explicadas por el área basal existente en la parcela ( $p=0,0022$ ), las diferencias que se registraron fueron al comparar los rangos 0 y 0,1-6 con el rango >13, siendo este último el más beneficioso para la captura de carbono por medio de los árboles, también existe diferencia entre usar un área basal dentro del rango 6,1-13, el cual presenta una captura de carbono mayor en comparación con el rango 0.

En el caso del café, no se encontraron diferencias explicadas por el arreglo empleado ( $p=0,1265$ ) ni explicadas por el área basal existente ( $p=0,4769$ )

## DISCUSIÓN.

El tipo de manejo que recibe la sombra en la mayoría de los SAF-café evaluados, podría influenciar en los resultados obtenidos (Cuadro 2). Peng et al. (2009), mencionan que la presencia de sombra reduce la temperatura del suelo, mejorando la actividad microbiana relacionada con el ciclo del C. En la mayoría de los sitios evaluados, durante el año se llevan a cabo podas totales, esto contrasta con los resultados encontrados por Wade et al. (2010), los cuales encontraron que un porcentaje de sombra mayor a 25% en sistemas agroforestales con cacao resultó beneficioso para el almacenamiento de carbono en comparación con sistemas con un porcentaje de sombra menor a 25%.

Los resultados encontrados en el Cuadro 3 pueden no ser explicados por la densidad de árboles en sí, sino que pueden ser atribuibles a la pérdida de suelo, como lo mencionan Ibrahim, Mora, y Rosales (2006) y Esquivel (2014). Ambos autores señalan que los procesos de erosión disminuyen la capacidad del suelo para retener carbono. En este caso las parcelas que aparentemente se manejan con el área basal más beneficiosa para el secuestro de carbono a nivel del suelo, casualmente son las parcelas en las que, aunque no fueron medidas, se notan las pendientes menos fuertes en comparación con los demás terrenos evaluados, por ende, esas parcelas son menos propensas a sufrir erosión.

Los resultados encontrados en el almacenamiento de carbono a nivel del suelo, mostrados en el Cuadro 3, indican que sí es importante mantener un número de árboles en asocio con el café y que la especie de estos no tiene importancia, lo que se contradice con lo dicho por Katayama et al. (2009), que detallan que las características biológicas de la especie arborea utilizada influyen en el ciclo del carbono, por lo que los resultados encontrados son atribuidos principalmente al manejo de los SAF-café.

También cabe destacar que el carbono almacenado a nivel del suelo resulta tener mucha incertidumbre cuando es contabilizado, debido a todos los procesos abióticos y bióticos que se llevan a cabo en el suelo (Moyes et al., 2010). Complementando esto se pueden mencionar los estudios de Mena, Hernan y Navarro (2013) quienes encontraron diferencias en el carbono captado por el suelo en diferentes SAF, sin embargo, esas diferencias fueron atribuidas a que probablemente los niveles de carbono antes de establecer las plantaciones eran diferentes.

Lapeyre, Alegre y Arévalo (2004) concuerdan con las diferencias encontradas en el carbono capturado por la hojarasca a partir del arreglo utilizado, ya que estos señalan que el secuestro de carbono de hojarasca, es influenciado por las especies presentes en el sistema. Calderón y Solís (2012) encontraron que entre mayor sea la acumulación de biomasa por parte de la hojarasca, mayor será también el almacenamiento de carbono a este nivel, este dato concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio debido a que en algunos casos la biomasa de la hojarasca de café y gravilla duplica a la biomasa de los otros arreglos.

Calderón y Solís (2012) señalan que las actividades silvícolas como la poda están muy relacionadas con el nivel de hojarasca en el suelo, por lo que los resultados pueden atribuirse posiblemente a un programa de podas más intensivo por parte de los productores que manejan gravilla en sus SAF-café. Este elemento al quedar depositado en el suelo, entrará en un proceso de descomposición en el que la hojarasca o cualquier residuo de poda, pasará el carbono almacenado al suelo, la velocidad de este proceso dependerá de la especie, del tipo de suelo, la cantidad de agua y de otros nutrientes, etc (MAGFOR, 2005).

Mena, Hernan y Navarro (2013) denotan la importancia de medir el carbono captado por la hojarasca debido al potencial que tiene de aumentar los créditos de carbono que se podrían recibir si se tomara en cuenta, a pesar de ser un nivel que aporta muy poco al flujo completo de carbono de un SAF.

Los resultados encontrados en el almacenamiento de carbono por parte de los árboles reportados en el Cuadro 2, se atribuyen nuevamente a que la captura de carbono en árboles está asociada al tipo de manejo que se les dé, siendo mayor cuando estos forman tallos leñosos de grandes dimensiones (Ibrahim, Mora y Rosales, 2006), Romero, Escobar y Combellas (1996), reportan que la altura de los árboles tiene un impacto mayor en la capacidad de capturar carbono de los mismos, que la densidad de siembra, aunque este es un caso específico de *Gliricidia sepium*. Gómez y Oviedo (2000) también reporta que árboles con mayores dimensiones tanto en altura como diámetro, almacenan más carbono que aquellos que son más pequeños.

Con respecto a las diferencias encontradas en el carbono captado por los árboles explicadas por el área basal, se debe resaltar que los arreglos registrados en el rango de 6,1-13 son café y aguacate (2 repeticiones) y café con grevillia (1 repetición), mientras que el rango > 13 presenta café con grevillia (1 repetición) y café con poró (2 repeticiones), al no haber diferencias entre ellos demuestra el poco efecto del arreglo empleado en sí, siempre y cuando las dimensiones bajo las que se manejan los árboles sean pequeñas. El carbono captado por los árboles aumenta al aumentar el área basal existente en la plantación, lo que al final se puede traducir como densidad (árboles por hectárea).

Los resultados explicados en el párrafo anterior reflejan la importancia de definir muy bien los objetivos que va a cumplir el árbol de sombra en el SAF-café, ya que los objetivos van a definir el manejo adecuado.

Somarriba et al. (2013) encontraron que en la mayoría de los casos, las especies maderables utilizadas como sombra capturan mayor cantidad de carbono que otro tipo de especies de sombra, por lo que para la zona de estudio sería conveniente investigar más arduamente los SAF-café con gravilia, para contabilizar mejor los beneficios ambientales que aparentemente le traería utilizar esta especie maderable en los SAF-café.

En el caso del café, no se encontraron diferencias explicadas por el arreglo empleado ( $p= 0,1265$ ) ni explicadas por el área basal existente ( $p= 0,4769$ ), la fórmula utilizada reportada por Ávila (2000) surgió de un modelo ajustado por el mismo autor, a partir de un estudio destructivo. V. Chávez (comunicación personal, 18 de octubre de 2017) señala que para el cálculo de la biomasa los métodos destructivos son más exactos. Por lo que se considera que el método utilizado en este estudio no fue el más correcto y que se debe utilizar un método destructivo que genere un modelo matemático para el cálculo de biomasa aérea de la planta de café propio para la zona de estudio.

Con respecto al café, es importante mencionar que las adaptaciones al cambio climático no tienen por qué significar una disminución en la producción del cultivo, por lo que los SAF-café se deben diseñar muy bien ya que se sabe que un exceso de sombra (mayor captura de C) produce rendimientos deficientes del café (Gockowski y Sonwa, 2011).

Se sabe también que la curva de rendimiento del café vs carbono capturado por el café representa una relación cuadrática en la que el rendimiento aumenta con el aumento del carbono capturado hasta que la función llega a su punto máximo, a partir de ahí, el rendimiento decrece con el aumento del carbono capturado (Dias et al., 2000). Esto se puede ejemplificar con el aguacate, que como se mencionó anteriormente, su captura de carbono se ve beneficiado con su crecimiento en dimensiones, sin embargo, son necesarias podas de formación para aumentar la producción de aguacates (Garbanzo, 2011).

Finalmente, otras dos observaciones que podrían explicar la falta de diferencias en muchas pruebas realizadas, son las reportadas por Wang et al. (2011) los cuales indican que el flujo de carbono va a ser más estable en zonas con altitudes mayores a los 1000 msnm, eso sugiere que en cuanto a captura de carbono, las unidades de muestreo podría haberse en condiciones de homogeneidad debidas a la ubicación geográfica que ocupan.

La segunda observación es que no fueron montadas las suficientes repeticiones para establecer resultados más aceptables, esto se evidencia con los valores del  $R^2$  en la mayoría de pruebas realizadas que son muy bajos.

## **CONCLUSIONES.**

Aunque se registraron diferencias entre los niveles capturados por el suelo en función del G, no es correcto atribuir completamente ese resultado al G debido a todos los factores que influyen en las características del suelo.

El arreglo café y gravilia presenta mayores beneficios para la captura de carbono a nivel de hojarasca, ya que es esta la que aporta mayor biomasa al suelo.

La manera en que son manejados los árboles de los SAF evaluados, no es conveniente si se tiene el objetivo de almacenar carbono, para dicho objetivo se deben buscar alternativas que aumenten el carbono capturado sin perjudicar el rendimiento del café.

Con las dimensiones utilizadas en los SAF evaluados, se registra un impacto significativo del área basal, o en el fondo densidad (número de árboles por hectárea) sobre el carbono almacenado por los árboles, se obtiene un mayor almacenamiento de carbono al utilizar densidades que produzcan un área basal mayor a 13 m<sup>2</sup>/ha.

## **RECOMENDACIONES.**

Para proyectos de captura de carbono en SAF, se recomienda que los árboles utilizados no sufran limitaciones en el crecimiento por parte del manejo que el productor ejecute, esto para que los árboles crezcan bajo su máximo potencial y por ende, almacenen mayor carbono.

Realizar ensayos destructivos en la zona con las especies de sombra y principalmente con el café, para generar resultados más confiables referentes a la captura de carbono en SAF.

En estudios similares, utilizar una mayor cantidad de repeticiones por arreglo, para aumentar la exactitud con resultados más aceptables estadísticamente.

## REFERENCIAS.

- Ávila, G., Jiménez, F., Ibrahim, M., Gómez, M y Beer, J. (2001). *Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica.*
- Ávila, G., Jiménez, F., Beer, J., Gómez, M., y Ibrahim, M. (2000). *Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra, café al pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol.* Turrialba, Costa Rica.
- Brown, S., Gillespie, A. J., y Lugo, A. E. (1989). *Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data.* Forest Science, 35(4), 881-902.
- Calderón, D., y Solís, D. (2012). *Cuantificación del carbono almacenado en tres fincas en tres estados de desarrollo del bosque de pino (Pinus oocarpa, L.) Dipilto,* Nueva Segovia, Nicaragua.
- CATIE. (s.f.). *Erythrina poeppigiana (Walp.) D.F. Cook.*
- Delgadillo, M., y Quechulpa, S. (2006). *Manual de Monitoreo de carbono en Sistemas agroforestales.* Chiapas, México: AMBIO S.C. DE R.L.
- de Carvalho Gomes, L., Cardoso, I. M., de S Mendona, E., Fernandes, R. B. A., Lopes, V. S., y Oliveira, T. S. (2016). *Trees modify the dynamics of soil CO<sub>2</sub> efflux in coffee agroforestry systems.* Agricultural and Forest Meteorology, 224, 30-39.

- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y Dirección de Cambio Climático (DCC). (2015). *NAMA Café de Costa Rica: Una Herramienta para el Desarrollo Bajo en Emisiones*. Berlín, Alemania. GIZ.
- Dias, L., Santos, M. M., Santos, A., Almeida, C., Cruz, C. D., y Carneiro, P. (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.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. *InfoStat versión 2016*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Esquivel, E. (2014). *Evaluación de la sustentabilidad de plantaciones dendroenergéticas en la región Biobío de Chile*. (Doctorado). Universidad de Concepción. Concepción Chile.
- Garbanzo, M. (2011). *Manual de aguacate. Buenas Prácticas De Cultivo Variedad Hass*. Ministerio De Agricultura Y Ganadera, 2.
- Gockowski, J., y Sonwa, D. (2011). *Cocoa intensification scenarios and their predicted impact on CO<sup>2</sup> emissions, biodiversity conservation, and rural livelihoods in the guinea rain forest of West Africa*. *Environmental Management*, 48(2), 307-321.
- Gómez, V y Oviedo, S. 2000. *Estudio sobre fijación de carbono en plantaciones de Pinus oocarpa, de 11 años de edad en sitios Quinta Buenos Aires, Estelí y Aurora*. Managua, Nicaragua. UNA 57 p.
- Ibrahim, M., Mora, J., y Rosales, M. (2006). *Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales», 10*.
- Imbach, P., Fung, E., Hannah, L., Navarro-Racines, C. E., Roubik, D. W., Ricketts, T. H., . . . Locatelli, B. (2017). *Coupling of pollination services and coffee suitability under climate change*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(39), 10438-10442.

- Katayama, A., Kume, T., Komatsu, H., Ohashi, M., Nakagawa, M., Yamashita, M., . . . Kumagai, T. (2009). *Effect of forest structure on the spatial variation in soil respiration in a bornean tropical rainforest*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(10), 1666-1673.
- Lapeyre, T., Alegre, J., y Arévalo, L. (2004). *Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, per.* *Ecología Aplicada*, 3(1-2), 35-44.
- Magdoff F. (1996). *Soil organic matter fractions and implications for interpreting organic matter test*. In Magdoff F MT, Jr E Hanlon ed. *Soil organic matter: analysis and interpretation*. Wisconsin, USA. SSSA Special Publication. p. 11-20.
- Mena, V., Hernan, J., y Navarro, C. (2013). *Biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios en un gradiente altitudinales en costa Rica*. *Revista Agroforestera Neotropical*, 1(1).
- Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR).2005. *Potencial de Plantaciones y Fijación de Carbono*. PRENSA. Managua, Nicaragua. 168p.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., y Eibl, B. (2015). *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Moyes, A. B., Gaines, S. J., Siegwolf, R. T., y Bowling, D. R. (2010). *Diffusive fractionation complicates isotopic partitioning of autotrophic and heterotrophic sources of soil respiration*. *Plant, Cell y Environment*, 33 (11), 1804-1819.
- Peng, S., Piao, S., Wang, T., Sun, J., y Shen, Z. (2009). *Temperature sensitivity of soil respiration in different ecosystems in china*. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(5), 1008-1014.
- Romero, E; Escobar, A; Combellas, J. (1996). *Efecto de la densidad de siembra y la altura de corte sobre la producción de follaje, madera, composición química y*

*fijación de CO2 de Gliricidia sepium*. Revista Investigación Agrícola Danac. [En línea] Disponible en <http://www.redpavfpolar.info.ve/danac/volumen1/art4/index.html>.

Sánchez, J. (2011). *Grevillea robusta*.

Segura, M., y Andrade, H. (2012). *Huella de carbono en cadenas productivas de café (Coffea arabica L.) con diferentes estándares de certificación en Costa Rica*. Luna Azul, 36, 60-77.

Silva, J., Fuentes, F., Richter, H., Angeles, G., y Sanjuan, R. (2016). *Estructura de la madera de Persea americana var. guatemalensis mill (hass)*. Madera Y Bosques, 5(1), 53-59.

Somarriba, E., Cerda, R., Orozco, L., Cifuentes, M., Dávila, H., Espin, T., . . . Poveda, V. (2013). *Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central america*. Agriculture, Ecosystems y Environment, 173, 46-57.

Tabatabai M. 1996. *Soil organic matter testing: an overview*. In Magdoff F MT, Jr E Hanlon ed. Soil organic matter: analysis and interpretation. Wisconsin, USA. SSSA Special Publication. p. 1-9.

Valenciano, J. (2008). *La actividad cafetalera en los Santos: Diagnostico para un análisis de los medios de vida en la agrocadena*. Serie Documentos de Trabajo 002-2009. CINPE.

Wade, A. S., Asase, A., Hadley, P., Mason, J., Ofori-Frimpong, K., Preece, D., . . . Norris, K. (2010). *Management strategies for maximizing carbon storage and tree species diversity in cocoa-growing landscapes*. Agriculture, Ecosystems y Environment, 138 (3), 324-334.

Wang, B., Jiang, Y., Wei, X., Zhao, G., Guo, H., y Bai, X. (2011). *Effects of forest type, stand age, and altitude on soil respiration in subtropical forests of China*. Scandinavian Journal of Forest Research, 26(1), 40-47.

**CAPÍTULO 2:**  
**ANÁLISIS FINANCIERO.**

## **RESUMEN.**

Las dificultades que enfrenta el mercado costarricense del *Coffea arabica* (café), por ejemplo, precios internacionales bajos y cosechas deficientes, son indicadores de que la producción de café se debe diversificar. El objetivo de este estudio fue demostrar cual modelo de producción utilizado en los cantones de Dota, Tarrazú y León Cortés genera la mayor rentabilidad financiera. Los modelos de producción evaluados fueron café-Pleno sol, café-árbol frutal, café-árbol maderable y café-árbol tradicional. Se construyeron tres escenarios: pesimista, neutral y optimista. A partir de los mismos se calcularon los indicadores financieros con tasas de interés reales. El modelo de producción café-árbol frutal resultó ser el más rentable debido a que el productor recibe los ingresos de 2 producciones por año, le sigue el café-árbol maderable, el tercero es café -Pleno sol y el menos rentable es el café-árbol tradicional. El PSA demostró tener un bajo impacto en el flujo de caja del modelo de producción, por lo que debe considerar establecer más árboles por hectárea. Todos los sistemas agroforestales evaluados producen ganancias, sin embargo, se debe considerar que el café a pleno sol perdería múltiples beneficios al no tener árboles. El estudio realizado es meramente teórico por lo que es recomendable complementar este estudio con casos reales.

Palabras clave: Zona de los Santos, Sistemas agroforestales, *Coffea arabica*, Rentabilidad del sistema, Indicadores financieros.

## **ABSTRACT.**

The difficulties facing the Costa Rican market of *Coffea arabica* (coffee), for instance, low international prices and poor harvests, are indicators that coffee production must be diversified. The objective of this study was to demonstrate which production model used in the cantons of Dota, Tarrazú and León Cortés generates the highest financial return. The production models evaluated were coffee-full sun, coffee-fruit tree, coffee-tree wood and traditional coffee-tree. Three scenarios were constructed:

pessimistic, neutral and optimistic. From these, the financial indicators with real interest rates were calculated. The fruit-coffee tree production model turned out to be the most profitable because the producer receives the income of 2 productions per year, followed by the timber-tree timber, the third is coffee-Plena sun and the least profitable is coffee- traditional tree The PSA proved to have a low impact on the cash flow of the production model, so you should consider establishing more trees per hectare. All evaluated agroforestry systems produce profits, however, it should be considered that coffee in full sun would lose multiple benefits by not having trees. The study carried out is purely theoretical, so it is advisable to complement this study with real cases.

Keywords: Zona de los Santos, Agroforestry systems, Coffee, Carbon storage, System profitable, financial indicators.

## **INTRODUCCIÓN.**

De acuerdo con Peters y Samper (2001), el café fue introducido en Costa Rica en 1720, a partir de ahí, escenarios favorables como clima y condiciones edáficas apropiadas para el cultivo, políticas orientadas a la promoción del cultivo, un proceso de industrialización pionero a nivel centroamericano, entre otras cosas, lograron asentar al café como un cultivo muy importante para el país incluso antes de la independencia.

Para el año 1821 ya existían 17 000 cafetos en producción, un año antes se exportaron los primeros dos quintales de café a Panamá. Posterior a la independencia, las municipalidades fungieron como incentivadores de la siembra de café mientras el gobierno se esforzaba por localizar nuevos mercados y posicionar el café nacional en ellos (Peters y Samper, 2001).

Ese rol importante que jugó el café en la economía nacional del pasado, lo sigue manteniendo hoy día, según ICAFE (2016) el café es el segundo producto agrícola más importante de exportación, solo por debajo del banano. Según el mismo autor,

el café generó el 3,33 % de ingresos por exportaciones en el 2015 y un 27,33 % del total de divisas generadas por todo el sector agropecuario.

En el caso específico de la Zona de los Santos, durante las cosechas 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016 se mantuvo como la región con mayor producción de café, llegando a una producción récord en la cosecha 2015-2016 (ICAFE, 2016). Además, destaca también el hecho de que los cantones de Tarrazú y León Cortés se mantuvieron como el primero y tercer lugar respectivamente en lo que a producción de café se refiere durante la cosecha 2015-2016.

Sin embargo, la Zona de los Santos y la industria cafetalera en general está afrontando varios obstáculos, muchos de ellos ligados a las condiciones climáticas cambiantes que degradan los sitios idóneos para la producción de café (Imbach et al., 2017).

Según las bases de datos del ICAFE descargables en línea, la última cosecha a nivel nacional con una producción mayor a los 3 000 000 2Dhl (dos doubles hectolitros, equivalentes a una fanega) fue la 2001-2002, a partir de ahí la producción no ha superado esa cifra llegando en la cosecha 2014-2015 a su punto más bajo (1897935,87 2Dhl). Estos resultados se reflejan a nivel internacional, ya que según las bases de datos del ICAFE, Costa Rica es el segundo país de Centro América en producir menos café, solo por arriba de El Salvador.

Todos estos efectos negativos en la producción se traducen en menos ingresos financieros por año en la economía del país debidas al sector cafetalero, generando que el productor termine recibiendo menos dinero por cada fanega vendida al beneficio. Desde la cosecha 2000-2001, el precio pagado al productor por cada 2Dhl vendidos experimentaba una tendencia a aumentar de año a año, hasta la cosecha 2010-2011 donde el precio por fanega llegó al punto máximo, de la cosecha 2011-2012 hasta la cosecha 2015-2016 el precio promedio por fanega percibido por el productor se ha mantenido entre ₡ 61 000 y ₡ 82 000, esto según las bases de datos consultables en línea del ICAFE.

Por eso no es extraño que la cantidad de productores desde la cosecha 2004-2006 hasta la cosecha 2015-2016 pasó de 55 247 a 45 445 (ICAFE, 2016), lo que sugiere que los 9802 productores que dejaron la actividad cafetalera se vieron en la necesidad de buscar una actividad más rentable. También es importante decir que la actividad agrícola en general resulta poco atractiva para las nuevas generaciones, ya que según INEC (2015) la edad promedio de los productores agrícolas es de 53,9 años, en el caso específico de los cantones de Tarrazú y León Cortés la edad promedio del productor está entre los 50 y los 53 años, mientras que en el cantón de Dota la edad promedio de los productores es de 53 y 56 años.

Por estas razones es muy importante buscar alternativas que diversifiquen la producción en los cafetales, para así evitar que más productores abandonen la producción de café, por medio de la generación de una actividad cafetalera reformada y más atractiva financieramente para que los productores existentes se mantengan en dicha actividad y las personas de las nuevas generaciones se sientan atraídas por el sector.

Se sabe que establecer sistemas agroforestales con café (SAF-café) incorporando árboles con objetivos múltiples aumentan la rentabilidad del sistema (Montagnini et al., 2015), en la presente investigación se evaluaron datos teóricos la rentabilidad financiera de los diferentes arreglos o modelos de producción en SAF - café (café - aguacate, café - gravilia, café - poró y café - Pleno sol) que se utilizan con mayor frecuencia en los tres cantones más importantes de la Zona de los Santos a nivel cafetalero (Tarrazú, Dota y León Cortés). El objetivo que se planteó es estimar cuál arreglo presenta la mayor rentabilidad por medio de los indicadores financieros.

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

El estudio se realizó en los cantones de Dota, Tarrazú y León Cortés pertenecientes a la Zona de los Santos (Figura 1), con una altitud promedio de 1 550 msnm, la zona se caracteriza por un clima fresco, húmedo y ventoso todo el año, además cuenta

con una estación seca de enero a abril y lluviosa de mayo a diciembre. La precipitación promedio anual registrada para la zona varía entre los 1 500 y los 2 000 mm (Valenciano, 2008). La ubicación geográfica de la zona en coordenadas CRTM05 es 1 070 000 latitud norte y 500 000 longitud este.

### **Modelos de producción de café.**

Los modelos de producción estudiados en este proyecto fueron café - Pleno sol café-*Persea americana* (aguacate), café-*Grevillea robusta* (gravilia) y café-*Erythrina* sp. (poró). Las variedades de café más comunes en la zona son catuai (rojo y amarillo) y caturra.

Estos modelos fueron escogidos debido a que son utilizados regularmente en la Zona de los Santos y se encuentran arraigados entre los productores de la zona. A pesar de que el en el caso de café – aguacate es un modelo que se utiliza con el fin de obtener dos productos anuales, por lo que el manejo que se le brinda actualmente al aguacate en la zona es el mismo que se asumió en el estudio.

En el modelo café - gravilia, el componente arbóreo es manejado con el único objetivo de producir sombra para café, los productores de la zona generalmente no le brindan un manejo adecuado a la gravilia para la obtención de madera a largo plazo. La utilización de sombra de poró tiene objetivos meramente ecológicos o de desarrollo para el café, a nivel de la zona de estudio no se le ha encontrado un uso que mejore el flujo de caja del sistema.

### **Análisis financiero de los SAF.**

Supuestos del análisis financiero.

Para la generación de los análisis financieros fue necesario utilizar herramientas como literatura reportada por entes relacionados con el procesamiento y mercadeo de los productos involucrados en este estudio, complementados con entrevistas a los propietarios de las fincas evaluadas, así como el beneficiado, sobre los costos

e ingresos que representan las diferentes actividades en los SAF-café. Con base en la información recopilada, se elaboró un flujo de caja a 20 años.

A continuación, se especificarán las fuentes y los procedimientos con los que se obtuvo los datos de costos e ingresos utilizados para cada componente evaluado en este estudio, basándose en los siguientes supuestos:

- a. Se trabajó con tasas de interés reales, esto quiere decir que no se tomaron en cuenta los efectos de la inflación y se trabajaron costos e ingresos constantes.
- b. Cada cultivo se analizó de forma independiente para posteriormente analizar los modelos productivos de forma sumativa.
- c. Definición de año: cada año dentro del flujo financiero va de junio a mayo, es decir, no se trabajará con el año calendario.
- d. El terreno con el que se dispone para establecer el SAF es de 1 ha (10000 m<sup>2</sup>).
- e. El precio inicial de la tierra o el terreno no fue tomado en cuenta en el análisis, posteriormente se calculó el indicador financiero VET que indica el máximo posible que se podría pagar por concepto de terreno manteniendo la rentabilidad del modelo de producción.
- f. La depreciación no fue tomada en cuenta en el estudio, debido a que no tiene gran utilidad en un estudio como este.
- g. Para el café se utilizó una densidad de 5000 árboles/ha (1 x 2 m) la cual es un distanciamiento recomendado por ICAFE y CICAPE (2011).
- h. A los dos años y, medio se espera la primera producción de café, al igual que el aguacate.
- i. Para los árboles se utilizó una densidad de 156 árboles/ha (8 x 8 m). Valido para los tres árboles.
- j. Los árboles de aguacate y gravilia brindarán productos frutales y maderables por lo que recibirán un manejo orientado a ese propósito.
- k. Ambos componentes se incorporan en el año de establecimiento (Año 0).
- l. Ambos cultivos tienen la misma importancia.
- m. Cada 20 años se renuevan todos los sistemas.

- n. Los costos totales del año 20 incluyen el costo de la mano de obra que implica eliminar las 5000 plantas de café para la renovación del sistema.
- o. Los árboles se encuentran plantados en las entre calles del café, de esta manera cada árbol es plantado en medio de dos plantas de café a una distancia de un metro de cada una (entre calles de dos metros). Valido para los tres árboles.
- p. En el costo total de producción en el año 20, se incluye el valor por hectárea de la compra de una motosierra, para la corta y aprovechamiento de los árboles (₡ 116 929,60/ha). Valido para las tres especies de árboles estudiadas.
- q. En el costo total de producción para el año 20, se incluyen los costos en mano de obra que implican las labores de corta, desrame y troceo de los árboles con un requerimiento total de 3 jornales (24 horas) por hectárea. Valido para las tres especies de árboles estudiados.
- r. En el caso de los árboles de poró y aguacate, se asume que los residuos (trozas, ramas, entre otros) de los árboles se dispondrán en el mismo terreno para garantizar el retorno de nutrientes al suelo por descomposición de los árboles.

#### Escenarios financieros.

Se plantearon tres escenarios, los cuales son optimista, neutral y pesimista. La diferencia entre ellos se basó en la tasa de interés utilizada para el cálculo de los indicadores financieros (Cuadro 4). El escenario optimista utilizó la tasa de interés pasiva, mientras que en el pesimista se utilizó la tasa de interés activa, ambas tasas reportadas por el Banco Central de Costa Rica el primero de junio del 2017. El escenario neutral utiliza una tasa de interés promedio entre las dos mencionadas anteriormente.

Adicionalmente, se trabajó con tasas de interés reales, esto quiere decir que se asumió que la inflación se mantendrá constante, por ende, los costos de los insumos y el precio de venta de los diferentes productos se mantendrán constantes en el tiempo. Para calcular la tasa de interés real se requiere la inflación interanual que también la reporta el Banco Central de Costa Rica para junio 2017. La fórmula 1 muestra cómo se calcula la tasa de interés real.

$$ir = \frac{in - \lambda}{1 + \lambda}$$

Fórmula 1.

Dónde:

ir: tasa de interés real.

in: tasa de interés nominal.

$\lambda$ : inflación interanual.

**Cuadro 4.** Tasas de interés reales para cada escenario propuesto obtenidas de acuerdo con el Banco Central de Costa Rica el primero de junio del 2017 y a la inflación interanual reportada para junio del 2017.

Tasas de interés	Escenario económico	in*	ir**
Pasiva	Optimista	0,06	0,04
Neutral	Neutral	0,08	0,06
Activa	Pesimista	0,11	0,09

\*in: tasa de interés nominal. Ir: tasa de interés real.

### Estructura de costos.

Costos para los años 0 y 1 de la producción cafetalera.

El Año 0, es el año donde se van a asumir mayores costos debidos principalmente a la preparación del terreno, Chaves (1999) e ICAFE y CICAPE (2011) afirman que en este año el café necesita abonos ricos en fósforo, y la aplicación de insecticidas preventivos.

Para el Año 1, Chaves (1999) reporta que las dosis de fertilizantes y demás insumos deben mantenerse hasta el año de la primera cosecha de la plantación, el cual, según el mismo autor puede variar de acuerdo con las condiciones ambientales, condiciones edáficas, el manejo brindado por el productor y demás condiciones a las cuales el café está expuesto.

Según los productores de la zona, el año de la primera cosecha generalmente corresponde al tercer año calendario (de enero a diciembre) desde que se sembró

la plantación. En términos de este estudio, la primera cosecha se contabiliza a los dos años y medio de edad (considerando el año definido en los supuestos), por lo que a partir del año dos se modifican las dosis agregadas de cada insumo.

En el Cuadro 5 se muestran las dosis que se deben agregar de cada insumo por hectárea por año (u/ha/año) y los precios por unidad utilizados para los años 0 y 1, los cuales fueron recopilados de ICAFE y UEEM (2017)<sup>(a)</sup>, en dicho documento se reportan las dosis por hectárea para una plantación con una densidad de 5 200 plantas, por lo que se procedió a transformar las dosis de cada insumo para una plantación de 5 000 cafetos por hectárea.

**Cuadro 5.** Dosis por suministrar de cada insumo (u/ha/año) para los años 0 y 1 y el costo unitario por insumo (₡) para una plantación de café con una densidad de 5000 plantas/ha en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Insumo	Año 0	Año 1	Unidad	Costo unitario	Unidad
Horas por año	704,90	153,65	horas/ha/año	1224,86	₡/hora
Cafetos	5000,00	393	cafetos/ha/año	205,61	₡/planta
Fórmula de siembra	216,63	0,00	kg/ha/año	297,59	₡/kg
Fórmula completa	260,77	542,60	kg/ha/año	273,81	₡/kg
Fórmula nitrogenada	144,42	224,33	kg/ha/año	190,27	₡/kg
Propineb	0,76	0,00	kg/ha/año	8 062,98	₡/kg
Clorotalonil	0,71	0,75	(l-kg)/ha/año	7 699,19	₡/(l-kg)
Cobre	0,00	1,93	kg/ha/año	8 253,74	₡/kg
Coadyuvante	1,17	0,58	l/ha/año	4 343,45	₡/l
Herbicida (glifosato)	3,77	4,11	l/ha/año	2 928,55	₡/l
Insecticida/nematicida	27,12	0,00	kg/ha/año	2 830,83	₡/kg
Foliar (boro)	0,74	1,36	kg/ha/año	1 848,62	₡/kg
Foliar (zinc)	1,43	2,10	l/ha/año	6 208,81	₡/l
Foliar general	1,45	1,68	l/ha/año	7 070,70	₡/l

Costos del Año 2 en delante de la actividad cafetalera.

Como se dijo anteriormente, la plantación comenzará a producir frutos a los dos años y medio, por lo que las dosis que se suministran por insumo van a cambiar al iniciar el año dos, ICAFE y CICAPE (2011) afirman que las dosis para cada insumo que se agregan por año, dependen de la cosecha de café esperada para ese año, por lo que para este estudio se utilizaron los datos de dosis por insumo y costos de

producción suministrados por ICAFE y UEEM (2017)<sup>(b)</sup>,<sup>(c)</sup> y <sup>(d)</sup> cuando se espera una producción ya sea baja, media o alta.

Al igual que en el caso de los datos utilizados para los años 0 y 1, las dosis por hectárea por año a utilizar de cada insumo para cosechas bajas, medias y altas están ajustados para densidades de 5 669, 5 980 y 5 546 plantas de café por hectárea respectivamente, por lo que nuevamente se realizó la modificación de las dosis de cada insumo, para obtener las dosis por hectárea para 5 000 plantas.

En el Cuadro 6, aparecen los insumos, la dosis de cada uno de estos considerando la cosecha esperada y el costo unitario de cada insumo.

**Cuadro 6.** Dosis por insumo (u/ha/año) y costo unitario por insumo (₡) para una plantación de café con una densidad de 5000 plantas/ha del año 2 en adelante en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Insumo	Cosecha Baja	Cosecha Media	Cosecha Alta	Unidad	Costo unitario	Unidad
Horas por año	229,14	197,83	196,81	horas/ha/año	1 224,86	₡/hora
Fórmula completa	429,00	525,92	558,78	kg/ha/año	273,81	₡/kg
Fórmula nitrogenada	193,33	183,36	240,08	kg/ha/año	190,27	₡/kg
Corrector de acidez	647,38	565,30	616,30	kg/ha/año	61,70	₡/kg
Fungicida (triazol)	1,04	0,55	1,05	l/ha/año	33 981,25	₡/l
Herbicida (glifosato)	2,36	2,76	2,05	l/ha/año	2 891,62	₡/l
Herbicida (paraquat)	0,00	1,60	1,73	l/ha/año	3 921,39	₡/l
Insecticida/nematicida	1,32	0,63	1,68	l/ha/año	2 337,94	₡/l
Coadyuvantes	0,79	0,48	0,79	l/ha/año	4 196,06	₡/l
Foliar (boro)	2,42	1,69	1,49	kg/ha/año	4 495,47	₡/(l-kg)
Foliar (zinc)	2,25	1,88	1,81	l/ha/año	4 853,73	₡/(l-kg)
Foliar general	0,75	1,00	2,00	l/ha/año	5 939,48	₡/l

Además de los costos ya mencionados, se deben incluir otros costos, en el Cuadro 7 aparece un listado con estos. En el caso de las herramientas, corresponde a la inversión que se debe hacer para adquirir las herramientas agrícolas (cuchillo, pala, botas, bomba de espalda, etc) que son necesarias a lo largo del año para realizar los diferentes trabajos; en el Anexo 1 se encuentra la lista de las herramientas y la cantidad de estas que se debe adquirir, los costos unitarios y los costos por hectárea

de cada herramienta, dichos precios se obtuvieron al realizar un sondeo en las diferentes ferreterías de la zona. Los costos administrativos se refieren a los costos que corresponden a los impuestos municipales.

**Cuadro 7.** Otros costos por hectárea de la actividad cafetalera en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Rubro	Cantidad/ha	Valor unitario	Unidad
Difusores	6,00	50,00	--
Recolección café	--	22 705,05	¢/2Dhl
Transporte almacigo	--	21,12	¢/planta
Transporte enmiendas	--	11,66	¢/kg
Transporte café fruta	--	1 352,22	¢/2Dhl
Herramientas agrícolas	10,95	395 996,08	¢/ha
Costos administrativos	--	18 084,96	¢/ha

Para la obtención de los valores totales del costo en colones por hectárea por año correspondiente a cada insumo, se procedió a multiplicar cada factor o dosis por el precio unitario para obtener así el costo total por insumo.

Ahora bien, para la construcción del flujo de caja que se adjunta en el Anexo 2 (de 0 a 10 años) y el Anexo 3 (de 11 a 20 años), el cual corresponde al flujo construido para la actividad cafetalera, se agruparon todos los insumos en sub-grupos donde el valor monetario que representa cada sub-grupo corresponde a la suma de los valores monetarios de los insumos que integran cada sub-grupo y a su vez, los sub-grupos se clasifican en grupos para así reportar un flujo más ordenado y fácil de entender. Para mayor claridad, el Cuadro 8 presenta los grupos, sub-grupos y los insumos correspondientes a cada uno de los sub-grupos.

**Cuadro 8.** Definición de los grupos y subgrupos conformados por insumos utilizados en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Grupo	Sub-grupo	Insumos		
		Años 0 y 1	Del año 2 en adelante	
Mano de obra	Labores de cultivo	Horas por año	Horas por año	
	Cargas sociales	--	--	
Establecimiento	Almacigo	Almacigo	Almacigo	
	Transporte almacigo	--	--	
	Resiembra (almacigo)	Almacigo	Almacigo	
	Transporte almacigo	--	--	
	Enmiendas	Fórmula de siembra	Fórmula completa	
		Fórmula completa	Fórmula nitrogenada	
		Fórmula nitrogenada	Corrector de acidez	
	Transporte enmiendas	--	--	
	Mantenimiento	Productos químicos	Propineb	Fungicida (triazol)
			Clorotalonil	Herbicida (glifosato)
			Cobre	Herbicida (paraquat)
Coadyuvante			Insecticida/nematicida	
Herbicida (glifosato)			Coadyuvantes	
		Insecticida/nematicida	--	
		Difusores	--	
	Abonos foliares	Foliar (boro)	Foliar (boro)	
		Foliar (zinc)	Foliar (zinc)	
		Foliar general	Foliar general	
	Equipo agrícola	--	--	
Costos administrativos	--	--	--	
Costos de cosecha	Recolección de cosecha	--	--	
	<b>Transporte de cosecha</b>	--	--	

Del cuadro anterior es importante destacar que las cargas sociales utilizadas en este estudio son del 43,64% y que los porcentajes de resiembra del café son de 7,86% en el año 1 y 3,74% en el año 2. Todos los datos con los que se trabajó el flujo están en términos de hectárea.

Ingresos de la actividad cafetalera del año 2 en adelante (primera producción a los 2 años y medio).

El ICAFE en sus bases de datos consultables en línea reporta la producción total de café en 2Dhl para cada cantón cafetalero del país, se consideraron las producciones desde la cosecha 2010-2011 hasta la cosecha 2015-2016 y el precio de liquidación promedio entregado al productor por fanega de parte del beneficiado durante esas mismas seis cosechas.

Con los seis datos de producción y precio por fanega se calcularon los datos promedio correspondientes a cada uno de ellos, para trabajar con datos históricos tanto de la producción como del precio del café de los últimos años. Para el dato de producción, el promedio corresponde a la producción total de los tres cantones en estudio, mientras que el dato promedio de precio por hectárea fue calculado con los precios promedio a nivel nacional.

El área cubierta con café en los tres cantones fue reportada por J. Ureña (entrevista personal, 20 de octubre del 2017), el cual señala que los datos fueron tomados de un levantamiento realizado en las fincas de la zona en el año 2012 por la sede regional del ICAFE, según Ureña las áreas destinadas a la caficultura en los cantones de Dota, León Cortés y Tarrazú corresponden a 1444 ha, 4993 ha y 6086 ha respectivamente, para un total de 12523 ha en los tres cantones bajo cobertura cafetalera.

Para la producción por hectárea del año 2 al año 5, se utilizaron los datos reportados J. Ureña (entrevista personal, 20 de octubre del 2017), dichas producciones aparecen en el Cuadro 9 en 2Dhl por hectárea.

**Cuadro 9.** Producción de café por hectárea para los primeros años de producción (año 2 al año 5) en cafetales ubicados en la Zona de los Santos, Costa Rica.

<b>Año (Edad)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
2 Dhl/ha	20	30	40	60

El dato de producción por hectárea para los siguientes años surge al dividir la producción total promedio por el área total cubierta con café expresada en esa misma unidad. Para esos años la producción de café se analizó considerando el fenómeno que sufre el café conocido como bianualidad del café, el cual produce que el café experimente diferencias en cuanto a producción de un año a otro, es decir, si un año determinado la plantación tuvo una producción muy elevada, el siguiente año su producción bajará considerablemente. Montagnini et al. (2015) explican que este fenómeno se debe a cambios en el estado fisiológico de la planta, los cuales causan un aumento o una disminución en la floración y fructificación.

Para tomar en cuenta la bianualidad del café se procedió a calcular la desviación estándar de los datos de producción total de los tres cantones, para así encontrar el límite superior y el límite inferior de la producción de café en la zona; los límites superior e inferior se determinaron al sumarle y restarle respectivamente la desviación estándar al promedio.

Finalmente, para la construcción del flujo se en el año seis se proyectó la producción por hectárea promedio de la zona; para el siguiente año se asumió que se obtuvo el límite inferior de la producción y que el siguiente la producción aumentó hasta el límite superior. A partir de ahí, se asumió que la producción de café varía entre los valores del límite superior y el límite inferior de año a año.

Costos de la producción de aguacate.

Al igual que los datos obtenidos para el café, los datos del aguacate provenientes de CACT (2017), fueron calculados para una densidad específica de 400 árboles por hectárea, para este estudio fue necesario ajustar esas dosis a las condiciones

del estudio. En el Cuadro 10 se reportan las dosis utilizadas para el cálculo de los costos de los primeros cuatro años, en el Cuadro 11 se reportan las dosis a utilizar del año cinco en adelante.

Previo a analizar la información los siguientes cuadros es importante tomar en cuenta que según Umaña (2007) a primera producción de frutos se da en el año calendario número 3 y que tanto los costos como los ingresos se estabilizan en el sexto año calendario. En este estudio la primera producción de aguacates se contabiliza a los dos años y medio y dentro del flujo determinado para la producción de aguacates se ubica en la columna del Año 2 y la estabilización de costos e ingresos se da a partir del año 5. El flujo se muestra en los Anexos 4 (del año 0 al 10) y 5 (del año 11 al 20).

**Cuadro 10.** Dosis a suministrar (u/ha/año) y costo unitario de los insumos (₡) para producir aguacate en SAF con café los años 0,1, 2, 3 y 4 en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Unidad	Valor*	Unidad
Horas por año	209,0	162,2	177,8	162,2	156,0	horas/ha/año	1 225	₡/hora
Siembra y resiembra	168,0	--	--	--	--	árboles/ha	3 500	₡/árbol
Fertilizante 10-30-10	4,7	14,0	--	--	--	kg/ha	382	₡/kg
Fertilizante 15-15-15	--	--	39,0	117,0	--	kg/ha	382	₡/kg
Fertilizante FC	12,5	14,6	44,5	121,7	--	kg/ha	267	₡/kg
Nitrato de amonio	2,6	3,9	10,9	10,9	--	kg/ha	262	₡/kg
Fertilizante químico 9-5-18-6-0,45 ó FC similar	--	--	--	--	156,0	kg/ha	333	₡/kg
Complemento: Nitrato Calcio, KMAG, DAP otros	--	--	--	--	70,2	kg/ha	267	₡/kg
Fertilizante orgánico	168,5	155,6	312,4	780,0	780,0	kg/ha	100	₡/kg
Enmiendas (calcio, magnesio)	140,4	140,4	140,4	210,6	210,6	kg/ha	159	₡/kg
Regulador de nitratos (Molibdeno Stoler...)	--	--	0,4	0,4	0,6	l/ha	6 500	₡/l
Regulador de Ph	0,4	0,4	0,6	1,0	1,2	l/ha	3 000	₡/l
Microorganismos (Trichoderma)	0,4	0,4	0,6	2,3	2,3	gl/l	4 800	₡/gl
Insecticidas (Cipermetrina)	0,2	0,2	0,4	0,6	1,2	l/ha	5 484	₡/l
Acaricidas (Avemectina)	0,1	0,1	0,4	0,4	1,2	l/ha	3 000	₡/l
Benomil	0,2	0,2	0,8	1,2	1,6	kg/ha	4 680	₡/kg
Carbendazim	0,4	0,4	1,2	1,2	1,2	l/ha	5 000	₡/l
Fosetil Al Fungicida Cuprico (Fythosan)	0,4	0,4	0,8	2,3	2,3	kg/ha	15 000	₡/kg
Coadyuvantes y adherentes	0,3	0,3	0,8	1,2	1,6	kg/ha	4 915	₡/kg
Fertilizantes foliares a base de Potasio	0,4	0,4	0,4	1,0	1,2	l/ha	3 000	₡/l
	0,4	0,4	1,2	3,1	5,9	l/ha	4 944,8	₡/l

Continuación

Fosfito de calcio (calciphite)	0,4	0,4	1,2	3,1	5,9	l/ha	7 500	€/l
Nitrato de calcio	0,8	0,8	1,6	1,6	1,6	kg/ha	1 200	€/kg
Boro	0,4	0,4	0,8	1,6	1,6	kg/ha	800	€/kg
Magnesio (quelato)	0,4	0,4	1,2	3,1	5,9	l/ha	3 096	€/l
Zinc (quelato)	0,4	0,4	1,2	3,1	5,9	l/ha	662,4	€/l
Elementos menores (Mn, Mo,Cu, S, Co, Fe)	0,4	0,4	0,6	1,6	2,0	l/ha	7 196	€/l
Cajas plásticas	--	--	104,0	208,0	312,0	u/ha	1 500	€/u

\*: Valor unitario del insumo.

**Cuadro 11.** Dosis a suministrar y costo unitario de los insumos (₡) para producir aguacate dentro de un SAF con café a partir del año 5 en la Zona de los Santos, Costa Rica con una densidad.

Rubro	del Año 5 en adelante	Unidad	Valor*	Unidad
Horas por año	193,44	horas/ha/año	1 224,86	₡/hora
Fertilizante químico 9-5-18-6-0,45 ó FC similar	156	kg/ha	333,33	₡/kg
Complemento: Nitrato Calcio, KMAG, DAP otros	70,2	kg/ha	266,67	₡/kg
Fertilizante orgánico	780	kg/ha	100,00	₡/kg
Enmiendas (calcio, magnesio)	210,6	kg/ha	158,89	₡/kg
Regulador de nitratos (Molibdeno Stoler...)	1,17	l/ha	6 500	₡/l
Regulador de Ph	1,56	l/ha	3 000	₡/l
Microorganismos (Trichoderma)	2,34	gl/l	4 800	₡/gl
Insecticidas (Cipermetrina)	1,365	l/ha	5 484	₡/l
Acaricidas (Avemectina)	1,365	l/ha	3 000	₡/l
Benomil	1,56	kg/ha	4 680	₡/kg
Carbendazim	2,34	l/ha	5 000	₡/l
Fosetil Al	2,34	kg/ha	15 000	₡/kg
Fungicida Cuprico (Fythosan)	1,56	kg/ha	4 915	₡/kg
Coadyuvantes y adherentes	1,56	l/ha	3 000	₡/l
Fertilizantes foliares a base de Potasio	7,02	l/ha	4 944,8	₡/l
Fosfito de calcio (calciphite)	5,85	l/ha	7 500	₡/l
Nitrato de calcio	2,34	kg/ha	1 200	₡/kg
Boro	2,34	kg/ha	800,00	₡/kg
Magnesio (quelato)	7,02	l/ha	3 096	₡/l
Zinc (quelato)	7,02	l/ha	3 662,4	₡/l
Elementos menores (Mn, Mo, Cu, S, Co, Fe)	2,34	l/ha	7 196	₡/l
Cajas plásticas	520	u/ha	1 500	₡/u

\*: Valor unitario del insumo.

Los valores totales por hectárea se obtienen al multiplicar el valor unitario de cada insumo por la dosis de los mismos por hectárea por año. Al igual que para el flujo del café, en el caso del aguacate se agruparon los insumos en sub-grupos y grupos para realizar los análisis con información resumida y ordenada, en el Cuadro 12 se muestran los grupos, subgrupos formados por los insumos de los años cero hasta el tres, en el Cuadro 13 se presenta la misma información para los insumos utilizados del año cuatro en adelante.

**Cuadro 12.** Definición de los grupos y subgrupos conformados por insumos utilizados en la producción de aguacate en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Grupo	Sub-grupo	Insumos		
		Año 0 y 1	Año 2 y 3	
Mano de obra	Labores de cultivo	Horas por año	Horas por año	
	Cargas sociales	--	--	
Establecimiento	Árboles injertados	Árboles (solo Año 0)	--	
	Resiembra	Árboles (solo Año 0)	--	
Mantenimiento	Enmiendas	Fertilizante 10-30-10	Fertilizante 15-15-15	
		Fertilizante FC	Fertilizante FC	
		Nitrato de amonio	Nitrato de amonio	
		Fertilizante orgánico	Fertilizante orgánico	
		Enmiendas (calcio, magnesio)	Enmiendas (calcio, magnesio)	
		Regulador de Ph	Regulador de nitratos (Molibdeno Stoler...)	
		Microorganismos (Trichoderma)	Regulador de Ph	
		--	Microorganismos (Trichoderma)	
	Productos químicos	Insecticidas (Cipermetrina)	Insecticidas (Cipermetrina)	
		Acaricidas (Avermectina)	Acaricidas (Avermectina)	
		Benomil	Benomil	
		Carbendazim	Carbendazim	
		Fosetil Al	Fosetil Al	
		Fungicida Cuprico (Fythosan)	Fungicida Cuprico (Fythosan)	
		Coadyuvantes y adherentes	Coadyuvantes y adherentes	
		Abonos foliares	Fertilizantes foliares a base de Potasio	Fertilizantes foliares a base de Potasio
			Fosfito de calcio (calciphite)	Fosfito de calcio (calciphite)
			Nitrato de calcio	Nitrato de calcio
			Boro	Boro
			Magnesio (quelato)	Magnesio (quelato)
Zinc (quelato)	Zinc (quelato)			
	Elementos menores (Mn, Mo,Cu, S, Co, Fe)	Elementos menores (Mn, Mo,Cu, S, Co, Fe)		
Costos de cosecha	Cajas	--	--	
Costos de asistencia técnica	--	--	--	
Total de costos preliminar	--	--	--	
Riesgos	--	--	--	

**Cuadro 13.** Definición de los grupos y subgrupos conformados por insumos utilizados en la producción de aguacate en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Grupo	Sub-grupo	Insumos
		del Año 4 en adelante
Mano de obra	Labores de cultivo	Horas por año
	Cargas sociales	--
Establecimiento	Árboles injertados	--
	Resiembr	--
Mantenimiento	Enmiendas	Fertilizante químico 9-5-18-6-0.45 ó FC similar Complemento: Nitrato Calcio, KMAG, DAP otros
		Fertilizante orgánico
		Enmiendas (calcio, magnesio)
		Regulador de nitratos (Molibdeno Stoler...)
		Regulador de Ph
	Productos químicos	Microorganismos (Trichoderma)
		--
		Insecticidas (Cipermetrina)
		Acaricidas (Avemectina)
		Benomil
Abonos foliares	Carbendazim	
	Fosetil Al	
	Fungicida Cuprico (Fythosan)	
	Coadyuvantes y adherentes	
	Fertilizantes foliares a base de Potasio	
Cajas	Fosfito de calcio (calciphite)	
	Nitrato de calcio	
	Boro	
	Magnesio (quelato)	
	Zinc (quelato)	
Costos de cosecha	Elementos menores (Mn, Mo,Cu, S, Co, Fe)	
Costos de asistencia técnica	--	
Total de costos preliminar	--	
Riesgos	--	

Se puede observar en el Cuadro 12 y en el Cuadro 13 que la mayoría de los grupos y sub-grupos se mantienen iguales con respecto al anterior, sin embargo, se pueden denotar algunas diferencias, como por ejemplo los sub-grupos de Enmiendas, Productos químicos y Abonos foliares presentan una composición más compleja en cuanto a número de insumos por sub-grupo. En cuanto a las cajas Garbanzo (2011) expone que generalmente tienen una capacidad de 15 kg.

Ingresos por venta de aguacates.

En Umaña (2007) se especifican los cambios en producción por árbol de aguacate año a año, hasta la estabilización en la producción en el año 5; además según Garbanzo (2011) el aguacate se vende de acuerdo con calidades, por ende, el precio va a depender de la calidad de la fruta. L. Gamboa (entrevista personal, 18 de octubre del 2017) señala que los precios promedio del kilo de aguacate son ₡800, ₡600 y ₡450 para la calidad 1, calidad 2 y calidad 3 respectivamente, además señala que, en promedio, el 40% de las producciones de aguacate corresponde a la calidad 1, el 35% a la calidad 2 y el resto a la calidad 3. Tanto los datos de producción por árbol por año como los precios promedio por calidad fueron utilizados para la construcción del flujo.

PSA-SAF.

Para los sistemas que incluyen árboles de gravilia y de poró, se someterán a PSA modalidad SAF, el cual consiste en un contrato con FONAFIFO en el que se le atribuye al productor un insumo por plantar árboles forestales o de servicio.

FONAFIFO pone a disposición de los interesados listas de árboles que aplican para obtener el PSA, en las cuales no aparece el árbol de gravilia, sin embargo, FONAFIFO establece que cualquier especie de árbol considerada como árbol forestal podría entrar en PSA basándose en la definición presente en el Reglamento Forestal que dice:

Planta perenne, de tronco leñoso y elevado que se ramifica a mayor o menor altura del suelo, que es fuente de materia prima que origina industrias como aserraderos, fábricas de tableros, de chapas, de fósforos, de celulosa, de aceites esenciales, de resinas y taninos (Reglamento N° 25721, 1997).

Por lo tanto, se asume que SAF-café con gravilia son aplicables a PSA. En el Cuadro 14 se resume la manera de distribución del insumo a lo largo de la duración del contrato (5 años).

**Cuadro 14.** Insumo otorgado por FONAFIFO a productores bajo la modalidad PSA-SAF y distribución a lo largo de 5 años de contrato.

Año	\$/árbol	¢/árbol	%
Año 0	0,85	493	50
Año 2	0,51	295,8	30
Año 4	0,34	197,2	20
Total	1,7	986	100

\$1=¢580,00 según el Banco Central de Costa Rica el día 26 de setiembre del 2017.

Costos de producción para la gravilia.

El flujo financiero de la gravilia se muestra en los Anexos 6 (del año 0 al año 10) y 7 (del año 11 al año 20).

Los costos de producir madera de gravilia en SAF fueron calculados a partir de rendimientos por árbol obtenidos para diferentes especies en linderos maderables reportados por Rojas, Canessa, y Ramírez (2004) y una base de datos suministrada por el profesor Olman Murillo que presenta los costos producidos en sistemas silvopastoriles con teca y melina, esto debido a que la literatura no reporta costos ni ingresos propios para la gravilia.

Se definieron grupos y subgrupos para la gravilia de la misma manera que en el caso del aguacate, con la diferencia de que en el caso de la gravilia los grupos y subgrupos son más pequeños, además, no todas las actividades de manejo en la

gravilia se realizan todos los años, en el Cuadro 15 se presenta el cronograma de actividades por año.

**Cuadro 15.** Cronograma de actividades de manejo de la gravilia durante los 20 años de duración del ciclo en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Actividad	Año																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Hoyado	X																					
Distribución de plantas	X																					
Plantación	X																					
Fertilización (0,50 g/árbol)	X	X	X	X		X			X													
Replante	X																					
Rodajea manual	X	X	X																			
Asistencia técnica	PSA	X	PSA	X	PSA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Poda				X		X			X													
Cosecha Final: tumba, descope, desrame y troceo																						X
Extracción con tractor agrícola y winche, empatiado de madera																						X

En el Cuadro 15, la “x” significa que ese año sí se va a realizar esa determinada actividad y PSA significa que ese año el regente forestal realizará la visita a la finca correspondiente al PSA, esto se debe a que el costo que se le debe pagar al regente forestal por realizar el trámite de PSA, es el 18% de lo que el productor recibe por el insumo, los demás años el profesional forestal cobra ₡22 000 por hora (5 horas por asistencia técnica).

El hoyado, la distribución de plantas, la plantación y el replante son labores meramente de establecimiento, las labores de fertilización, rodajea manual y podas corresponden a labores de establecimiento y mantenimiento, mientras que cosecha final y extracción son meramente de aprovechamiento.

Con la distribución de actividades propuesta, es evidente que los costos en mano de obra (MO) serán distintos la mayoría de los años, siendo el año de establecimiento y el de cosecha los más costosos. Las horas necesarias por año se muestran en el Cuadro 16 con los costos totales de mano de obra con y sin cargas sociales.

**Cuadro 16.** Horas por año necesarias para manejar la gravilla y costo en mano de obra con ₡1 224,86/hora y 43,64% de cargas sociales en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Año	Horas/año	costo MO (₡)	costo MO con cargas sociales (₡)
Año 0	31,96	39 149	56 234
Año 1	11,48	14 063	20 200
Año 2	10,48	12 840	18 444
Año 3	5,99	7 337	10 539
Año 5	19,14	23 438	33 667
Año 8	19,14	23 438	33 667
Año 20	24,00	29 396	42 225

En el Cuadro 17 se presentan algunos costos unitarios que es importante tomar en cuenta. En el Cuadro 18 se presentan dosis o cantidades a utilizar de cada insumo por hectárea o por árbol.

**Cuadro 17.** Valores unitarios de insumos para el manejo de gravilia en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Insumo	Valor unitario (₡)
Árbol de gravilia	500
Fertilizante (10-30-10)	273,81
Alquiler tractor	40 000

**Cuadro 18.** Dosis de cada insumo que se utilizará por hectárea o por árbol en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Insumo	dosis	Unidad
Árboles (plantación)	156	árbol/ha
Árboles (replante)	17	árbol/ha
Fertilizante	0,5	g/árbol
Tractor	40	horas/ha

Por falta de datos referentes al manejo de la gravilia, se considera muy importante sumarle al costo final un 10% de riesgos, que incluyen manejo de plagas e insumos como gasolina y lubricantes, entre otras cosas.

Ingresos por venta de madera.

Rojas, Canessa, y Ramírez (2004) reportan un crecimiento en diámetro (d) para la especie de gravilia de 80 cm en 20 años en sistemas agroforestales, sin embargo, el dato que se trabajará en el análisis es de 40 cm, ya que no existen más referencias para respaldar el dato reportado por esos autores. La altura (h) promedio es de 20 m.

Se utilizará un precio de ₡200 por pulgada maderera tica (PMT) en el patio de acopio, ya que allí será el punto de venta. Finalmente el diámetro mínimo aprovechable es de 15 cm.

Para determinar que largo tendrán las trozas, se debe calcular un porcentaje de reducción del diámetro por metro (FRD), para el cual se utiliza la fórmula 8 con el diámetro del árbol a 20 m (0 cm) y el diámetro a una altura de 1,30 m (40 cm).

$$FRD = \frac{40}{(20 - 1,30)}$$

Fórmula 8.

Donde:

FRD: Factor de Reducción del Diámetro (cm).

Una vez calculado el largo de la troza (L) en metros, para lo cual se utilizó la fórmula 9, se procedió a calcular el volumen, para ello se utilizó la fórmula de Smalian y se multiplicó por 362 PMT para así obtener el volumen total (v) por árbol en PMT. La fórmula de Smalian es la número 10 ( $d_b$ = diámetro a la base).

$$L = \frac{15 - d_b}{-FRD}$$

Fórmula 9.

$$v = \frac{L\pi}{8} * \left( \frac{(d_b)^2 + 15^2}{200} \right) * 362$$

Fórmula 10

Donde:

L: Largo de la troza (m).

$d_b$ : diámetro a la base (cm).

FRD: Factor de Reducción del Diámetro (cm).

v: volumen (PMT).

Para la obtención del ingreso total por venta de madera se debe multiplicar el volumen por árbol por el valor de la PMT en colones y luego multiplicarlo por 156 árboles para obtener el ingreso total.

Costos de producción del poró.

Los costos de producción de poró en lo que se refiere a mano de obra, son reportados por ICAFE y UEEM (2017) <sup>(a)</sup> para establecimiento de sombra y ICAFE y UEEM (2017) <sup>(c)</sup> para manejo de sombra, en el Cuadro 19 se reportan esos costos.

**Cuadro 19.** Costos de mano de obra para la producción de poró en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Actividad	€/ha
Establecimiento (año 0)	53 893
Manejo (del año 1 al año 20)	39 073

En cuanto a asistencia técnica, solo serán las visitas correspondientes al PSA en donde se le paga al regente forestal el 18% del insumo recibido. También se le sumará al costo total el 10% de este considerando cualquier tipo de riesgo (por ejemplo, manejo de plagas).

El flujo financiero de la producción de poró se presenta en los anexos 8 (del año 0 al 10) y 9 (del año 11 al 20).

### **Modelos de producción.**

Por cada flujo individual se obtuvo una utilidad por año, para obtener la utilidad de cada modelo productivo, se sumaron las utilidades del café con los Ingreso-Gastos provenientes del elemento arbóreo con el que se desea combinar el café, a este valor se le denominó Utilidad real. Esa operación se realizó para cada uno de los años de duración del ciclo establecido.

### **Cálculo de los indicadores financieros.**

Para determinar qué escenario productivo es más rentable, se calcularon los indicadores financieros de Valor actual neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR) y Relación beneficio-costos (B/C) a partir de las utilidades reales, en donde para demostrar que modelo de producción es más rentable el VAN debe ser mayor a 0,

la TIR mayor a la tasa de descuento y B/C mayor a uno. Además, también se determinó el Valor esperado de la tierra (VET), que representa el valor monetario que se debe pagar por la tierra para que el proyecto siga siendo rentable.

## RESULTADOS.

### Análisis financiero.

Datos obtenidos para café.

En el Cuadro 20 aparecen los datos de producción totales por cosecha para los tres cantones según el ICAFE y la producción por hectárea para cada cosecha, para un área de 12523 ha.

**Cuadro 20.** Producción total y producción por hectárea de café reportadas para la Zona de los Santos de la cosecha 2010-2011 hasta la cosecha 2015-2016.

Cosecha	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016
2 Dhl (totales)	350 339,11	386 473,08	364 859,78	509 215,78	374 337,74	579 668,14
2 Dhl/ha	27,98	30,86	29,14	40,66	29,89	46,29

En el Cuadro 20 se puede observar la poca estabilidad en la producción cafetalera producto de factores como cambio climático, bienalidad, entre otros. De las cosechas reportada, la cosecha con mayor producción se da en los años 2015-2016 aunque según el Cuadro 21, la producción de esos años podría considerarse un dato extremo, ya que, según dicho cuadro, la cosecha esperable para los tres cantones de la zona de estudio está entre 26,63 Dhl/ha y 41,65 Dhl/ha.

En el Cuadro 21 se muestran los datos estadísticos representativos de la producción en 2Dhl por hectárea mostrados en el cuadro y en la figura anterior.

**Cuadro 21.** Promedio, desviación estándar y límites superior e inferior de la producción de café en 2 Dhl/ha por hectárea para la Zona de los Santos de la cosecha 2010-2011 hasta la cosecha 2015-2016.

Rubro	Unidad	Valor
<b>Promedio</b>	<b>2 Dhl/ha</b>	34,14
<b>Desviación estándar</b>	<b>2 Dhl/ha</b>	7,51
<b>Límite superior</b>	<b>2 Dhl/ha</b>	41,65
<b>Límite inferior</b>	<b>2 Dhl/ha</b>	26,63

En cuanto al ingreso que el productor va a obtener por fanega tras venderla al beneficio, se muestra en el Cuadro 22 donde además se presentan los precios promedio por fanega de las cosechas reportadas por el ICAFE para todo el país.

Al comparar los Cuadros 20 y 22 se observa que la producción obtenida por cosecha no experimenta ninguna relación con el precio por fanega entregado al productor, aunque si se da la particularidad de que en la cosecha con la producción menor se obtuvo el mejor precio (2010-2011) y en la cosecha con la producción mayor se obtuvo el precio menor (2015-2016). En los demás años, una disminución en el precio no siempre va acompañada por un incremento en la producción, en la cosecha 2013-2014 por ejemplo aumentaron ambos con respecto al año anterior, en la cosecha 2012-2013 se observa que ambos disminuyeron, demostrando que un incremento en el precio no necesariamente va ligada a una producción baja.

**Cuadro 22.** Precios por fanega reportados de la cosecha 2010-2011 hasta la cosecha 2015-2016 y su promedio histórico en colones para Costa Rica.

Cosecha	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	Promedio
Precio (¢/2Dhl)	93 084	87 547	61 696	67 616	82 528	68 664	76 856

Datos obtenidos para el aguacate.

En el Cuadro 23 se presenta la producción en kilos de aguacate por árbol por año hasta su estabilización reportados por Umaña (2007) y el ingreso total por árbol

utilizando un costo unitario por el kilo de aguacate dependiendo de la calidad como lo indicó L. Gamboa (entrevista personal, 17 de octubre del 2017).

**Cuadro 23.** Producción en kilos de aguacate por árbol esperada por año hasta su estabilización e ingreso total por árbol en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Año	2	3	4	5
Kg/árbol	10	20	30	50
Ingreso total por árbol (₡)	6 425,00	12 850,00	19 275,00	32 125,00

Datos obtenidos para gravilia.

En el Cuadro 24 se muestra el resumen de los datos obtenidos referentes a los ingresos de la venta de madera, es decir, el factor de reducción en diámetro (FRD), L (longitud), v (m<sup>3</sup>), v (PMT), ₡/árbol y ₡/ha.

**Cuadro 24.** FRD, L, v (m<sup>3</sup>), v (PMT), ₡/árbol y ₡/ha calculados para 156 árboles de gravilia (h= 20 m, d= 40 cm) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Rubro	Valor	Unidad
FRD	2,14	cm/m
L	12,99	M
v/árbol	1,05	m <sup>3</sup>
v/árbol	379,44	PMT
₡/árbol	75 888,59	₡
₡/ha	11 838 620,74	₡

Según el Cuadro 24, por cada metro de más que tenga la troza, el diámetro disminuirá 2,14 cm, por ejemplo, a 1,30 m de largo la troza tiene un diámetro de 40

cm, lo que significa que, a los 2,30 m de largo, la troza tendrá 37,86 cm de diámetro. Utilizando la misma relación, se determinó el largo comercial de la troza de 12,99 m hasta los 15 cm de diámetro, obteniendo un volumen comercial por árbol de 1,05 m<sup>3</sup>, equivalentes a 379,44 PMT, que generan un ingreso por árbol de ₡75 888,59 (₡200/PMT) traducidos en un ingreso de ₡11 838 620,74 producto de vender los 156 árboles por hectárea.

### **Utilidades reales e indicadores financieros para los modelos de producción.**

En el Cuadro 25 se muestran las utilidades reales de cada modelo de producción en ₡/ha. Finalmente, en el Cuadro 26 se reportan los indicadores financieros calculados para cada escenario productivo.

En los modelos de producción de café-Pleno sol y café-aguacate, se observan que en los años 0 y 1 se obtienen utilidades negativas, pero el año 2 ya se obtienen las primeras ganancias, a diferencia de los otros dos modelos productivos, que generan sus primeras ganancias en el año 3. El modelo de producción café-gravilia en el año 20 muestra el mayor ingreso que se podría obtener en un año en específico al comparar los ingresos de todos los modelos de producción.

**Cuadro 25.** Utilidades reales obtenidas para cada escenario productivo en colones por hectárea en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Año	Sistema productivo			
	Café-Pleno sol (₡)	Café-Aguacate (₡)	Café-Gravilia (₡)	Café-Poró (₡)
0	(2 966 950,63)	(4 163 642,46)	(3 064 627,25)	(3 075 579,26)
1	(914 773,24)	(1 432 730,38)	(1 060 343,19)	(1 038 247,14)
2	41 478,12	243 162,35	(56 014,80)	(81 995,78)
3	650 943,11	1 501 304,62	674 008,56	564 477,34
4	1 132 279,94	2 761 975,47	1 042 043,14	1 008 806,04
5	2 188 264,74	5 371 989,18	2 179 644,22	2 089 462,93
6	818 347,79	4 002 072,22	697 347,79	694 873,88
7	472 809,89	3 656 534,32	351 809,89	349 335,98
8	1 219 151,97	4 402 876,40	1 058 768,25	1 095 678,07
9	472 809,89	3 656 534,32	351 809,89	349 335,98
10	1 219 151,97	4 402 876,40	1 098 151,97	1 095 678,07
11	472 809,89	3 656 534,32	351 809,89	349 335,98
12	1 219 151,97	4 402 876,40	1 098 151,97	1 095 678,07
13	472 809,89	3 656 534,32	351 809,89	349 335,98
14	1 219 151,97	4 402 876,40	1 098 151,97	1 095 678,07
15	472 809,89	3 656 534,32	351 809,89	349 335,98
16	1 219 151,97	4 402 876,40	1 098 151,97	1 095 678,07
17	472 809,89	3 656 534,32	351 809,89	349 335,98
18	1 219 151,97	4 402 876,40	1 098 151,97	1 095 678,07
19	472 809,89	3 656 534,32	351 809,89	349 335,98
20	791 485,13	3 814 250,70	10 574 035,45	575 115,49

**Cuadro 26** Indicadores financieros calculados para cada modelo productivo en cada escenario financiero en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Modelos productivos	Escenario financiero	VAN (₡)	TIR (%)	B/C (₡)	VET (₡)
Café al pleno sol	Optimista	6 735 939,47		1,26	11 913 542,09
	Neutral	4 823 501,93	18	1,22	6 737 314,35
	Pesimista	3 368 396,18		1,18	4 144 795,79
Café + aguacate	Optimista	38 108 636,50		1,78	67 280 087,82
	Neutral	29 429 351,97	35	1,73	41 036 832,10
	Pesimista	22 907 669,32		1,67	28 143 347,66
Café + gravilia	Optimista	9 548 632,98		1,33	16 767 076,74
	Neutral	6 404 370,04	17	1,26	8 855 182,25
	Pesimista	4 185 272,00		1,20	5 074 854,69
Café + Poró	Optimista	4 998 797,49		1,18	8 841 140,07
	Neutral	3 376 104,02	15	1,14	4 715 634,90
	Pesimista	2 138 666,41		1,11	2 631 619,04

## DISCUSIÓN.

El aporte anual que se percibe por venta de aguacates es de vital importancia en el flujo de caja del sistema, ya que los ingresos que genera el modelo de producción entre café y aguacate en la mayoría de los casos duplica los costos, de ahí, que el sistema cuente con indicadores financieros tan altos en comparación con los demás.

El modelo de producción de café-gravilia parece ser la segunda más rentable, excepto por el indicador económico de la TIR que resultó ser más bajo que la TIR obtenida del café sin sombra. Una gran debilidad con la que cuenta el gravilia en este análisis es la poca información existente, muchos datos fueron adaptados de otros sistemas con otras especies.

Es importante destacar que, en términos del componente arbóreo, manejar el árbol frutal resulta más rentable en una plantación del mismo, que en un SAF-café, esto lo mencionan en Montagnini et al. (2015) y es comprobado en este estudio al comparar los indicadores financieros obtenidos en el modelo productivo SAF-café con aguacate (Cuadro 26) con la TIR obtenida en CACT (2017), la cual es del 64%.

Para el caso del árbol maderable, López y Musalém (2007) encontraron que resulta mejor financieramente manejar las plantaciones forestales comerciales en asocio con un cultivo agrícola.

El tercer sistema más rentable es el café sin sombra que a pesar de superar al café con poró en todos los indicadores, la tendencia nacional y mundial en agricultura es promover el establecimiento del cultivo agrícola con árboles principalmente por el secuestro de carbono, por lo que, aunque parece más rentable financieramente no usar sombra que usar sombra de poró, no produciría los mismos beneficios económicos que sí produce el café con sombra, además el café con sombra es más acetado en términos ambientales ya que el sector agrícola es considerado uno de los principales sectores en producir GEI (Paustian et al, 2000).

Tomando en cuenta el párrafo anterior, la utilización de café al pleno sol, debería limitarse a las condiciones agroecológicas que no requieran sombra, precisamente en la zona de estudio existen lugares con plantaciones de café con mucha niebla o en contra de pendiente, por lo que la presencia de árboles podría tener un efecto contraproducente en el café. Según Farfán (2014) la radiación solar que recibe la plantación depende de la posición de la misma, por lo que, si se encuentra en un área de naturaleza sombreada, estará expuesta a menos horas luz, afectando la fotosíntesis de las plantas.

En cuanto a zonas nubladas, Farfán (2014) menciona que las plantaciones en sitios nublados no reciben radiación solar directa, la radiación que perciben es difusa, además el mismo autor reporta la existencia de una relación directa entre la densidad de siembra de la sombra con la disminución en la radiación solar en un sitio determinado.

Además, el compromiso asumido por Costa Rica de convertirse en carbono neutral muestra una tendencia a incorporar árboles en cafetales para aumentar el carbono almacenado por los sistemas y tener la posibilidad de que los productores reciban un ingreso por la venta de créditos de carbono (Ávila et al., 2001), el hecho de que un productor decida no incorporar árboles en su cafetal, posiblemente lo excluya de la oportunidad de recibir un ingreso adicional por carbono capturado.

El sistema menos rentable es el café con poró que demuestra que el insumo del PSA que se les brinda a los propietarios de SAF es insuficiente, ni siquiera es capaz de cubrir los costos de establecimiento y manejo de los árboles plantados. Esto también se evidenció con el modelo de producción café-gravilía, en ambos casos el insumo recibido por los productores sí representa un impacto positivo en el flujo de caja ya que amortigua un poco los costos de establecimiento, sin embargo, el aporte no parece ser significativo. Cabrera (2011) indica que esta modalidad de PSA es la única de las modalidades en entregar incentivos por árbol y no por área como el resto de las modalidades y que el máximo de árboles a inscribir por proyecto es de

3500 árboles, por lo que posiblemente el aporte financiero positivo del PSA en esta modalidad se percibe más cuando el proyecto cuenta con más árboles.

Todos los sistemas son financieramente rentables, cubren los costos de producción, además, generan ganancias para el productor, sin embargo, hay que tomar en cuenta que este estudio presenta la limitación de ser basado en información recopilada, al ser un estudio teórico no se puede determinar el impacto real de la especie de sombra sobre el café y viceversa, por lo que los resultados deberían complementarse con casos reales en la zona para determinar indicadores financieros más acertados. Incluso podría suceder que, en los casos reales, uno de estos modelos de producción no sea rentable en la zona de estudio, por ejemplo, Fuentes et al. (2015) encontraron en diseños piloto que café de las variedades caturra y catuaí en asocio con árboles maderables no era rentable a menos que se incorporara un 50% de plantas de plantas de café híbridas, se presentó la misma situación en el modelo de producción de café con árboles de servicio.

## **CONCLUSIONES**

El modelo de producción de dos cultivos con producciones anuales es mucho más rentable que un cultivo con producción anual en asocio con un cultivo a largo plazo, a pesar de que la última recibe insumos del gobierno para que se establezcan, siempre y cuando se manejen 156 árboles por hectárea.

Todos los sistemas son financieramente rentables, sin embargo, es necesario complementar el estudio con casos reales para visualizar el impacto real de cada sistema y que además permitan determinar si un manejo de sombra mixta (varias especies de sombra) podría generar más beneficios que un manejo de sombra homogéneo.

## RECOMENDACIONES.

Dar mayor seguimiento a los SAF-café que manejan gravilia para obtener datos más específicos de esta especie, ya que su uso en los SAF-café de la zona ha aumentado mucho en los últimos años.

Complementar el estudio con casos reales para determinar las implicaciones no solo financieras, si no también ecológicas, sociales, entre otras para generar modelos en cafetales ya sean con sombra homogénea o mixta que suplan varias necesidades simultáneamente.

## REFERENCIAS.

Ávila, G, Jiménez, F, Ibrahim, M, Gómez, M y Beer, J (2001) *Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica*. *Agroforestería en las Américas*, 8 (30) 32-35.

Cabrera, M (2011) *Pago de servicios ambientales a sistemas agroforestales de café: Posibilidades legales y conveniencia técnica* Revista Judicial, Costa Rica, (99), 77-102.

Centro Agrícola Cantonal de Tarrazú (CACT) (2017) *Estructura de Costos de Producción*.

Chaves, V. *Manejo de la Fertilización en Café*. III Congreso Nacional de Suelos (76: 19-23, julio: San José). San José, 1999. 163-173.

Farfán, F (2014) *Agroforestería y sistemas agroforestales con café* Federación Nacional De Cafeteros De Colombia-Cenicafe, Manizales, Caldas, COL.

Fuentes, I, Escobedo, A, Virginio, E, Arrieta, S, Rapidel, B y Roupsard, O (2015) *Diseño Piloto de Sistemas Agroforestales en el ámbito de la NAMA-CAFÉ Costa Rica* CATIE.

- Garbanzo, M (2011) *Manual de aguacate Buenas Prácticas de Cultivo Variedad Hass*. Ministerio de Agricultura y Ganadera, 2.
- Imbach, P., Fung, E., Hannah, L., Navarro, C. E., Roubik, D. W., Ricketts, T. H., Locatelli, B. (2017). *Coupling of pollination services and coffee suitability under climate change* Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(39), 10438-10442.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2015) *VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados Generales* San José, Costa Rica INEC.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) (2016) *Informe Sobre La Actividad Cafetalera De Costa Rica*. San José, Costa Rica ICAFE.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) y Centro de Investigaciones en Café (CICAFE) (2011) *Guía Técnica para el Cultivo del Café*: INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA, Barva, Heredia (Costa Rica).
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) y Unidad de Estudios Económicos y Mercado (UEEM) (2017)<sup>(a)</sup> *Modelo de Costos de Renovación de Cafetales Cosecha 2016-2017*.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) y Unidad de Estudios Económicos y Mercado (UEEM) (2017)<sup>(b)</sup> *Costos de producción de café fruta Cosecha 2016-2017- Fincas de 20 a 26 Und 400 L/ha*.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) y Unidad de Estudios Económicos y Mercado (UEEM) (2017)<sup>(c)</sup> *Costos de producción de café fruta Cosecha 2016-2017- Fincas de 26 a 34 Und 400 L/ha*.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) y Unidad de Estudios Económicos y Mercado (UEEM) (2017)<sup>(d)</sup> *Costos de producción de café fruta Cosecha 2016-2017-Fincas de 34 a 40 Und 400 L/ha*.

- López, E , y Musalém, M (2007) *Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtlas, Veracruz, Mexico Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 13(1).*
- Montagnini, F , Somarriba, E , Murgueitio, E , Fassola, H , y Eibl, B (2015) *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales* Turrialba, Costa Rica CATIE.
- Paustian, K, Six, J, Elliott, E T, y Hunt, H W (2000) *Management options for reducing CO2 emissions from agricultural soils Biogeochemistry, 48(1), 147-163.*
- Peters, G, y Samper, M (2001) *Café de Costa Rica: Un viaje a lo largo de su historia* San José, CR: Instituto del Café.
- Reglamento N°25721 La Gaceta, San José, Costa Rica 23 de enero de 1997.
- Rojas, F, Canessa, R, y Ramírez, J (2004) *Incorporación de árboles y arbustos en los cafetales del Valle Central de Costa Rica: Instituto del Café de Costa Rica, San José (Costa Rica) Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago (Costa Rica).*
- Umaña, G (2007) *Caracterización de la Agrocadena de Aguacate de la Zona de los Santos: Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), León Cortés, San José, Costa Rica.*
- Valenciano, J (2008) *La actividad cafetalera en los Santos: Diagnostico para un análisis de los medios de vida en la agrocadena Serie Documentos de Trabajo 002-2009 CINPE.*

## REFERENCIAS GENERALES.

Altieri, M., y Nicholls, C. (2009). *Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas*. LEISA revista de agroecología, 14, 5-8.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados Generales*. San José, Costa Rica. INEC.

Granados, C. (2004). *El impacto ambiental del café en la historia costarricense*. Diálogos Revista Electrónica de Historia, 4(2), 42.

Rojas, F., Canessa, R., y Ramírez, J. (2004). *Incorporación de árboles y arbustos en los cafetales del Valle Central de Costa Rica*: Instituto del Café de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago Costa Rica.

Porras, C. (2006). *Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba-Jiménez, Costa Rica*.

## **ANEXOS.**

**Anexo 1** Equipo agrícola requerido, cantidad requerida por hectárea, valor unitario (₡) y valor por hectárea (₡) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

<b>Equipo agrícola</b>	<b>Cantidad por hectárea</b>	<b>Valor unitario (₡)</b>	<b>Costo por hectárea (₡)</b>
Bomba de motor	0,3424	264 000,00	90 393,60
Motosierra	0,3424	341 500,00	116 929,60
Motoguadaña	0,3424	270 000,00	92 448,00
Bomba de espalda	0,6374	53 000,00	33 782,20
Estañones (de segunda)	0,7228	2 000,00	1 445,60
Pala ancha	0,4897	7 800,00	3 819,66
Palín	0,4819	13 500,00	6 505,65
Pala carrilera	0,6123	5 000,00	3 061,50
Sacho	0,4829	7 800,00	3 766,62
Lima corrugada	0,4496	9 800,00	4 406,08
Macana	0,5118	4 100,00	2 098,38
Alicate	0,4878	7 600,00	3 707,28
Tijera de deshija	0,4878	16 000,00	7 804,80
Sierra de arco de poda	0,534	8 900,00	4 752,60
Martillo	0,4878	4 200,00	2 048,76
Machete	0,7107	3 200,00	2 274,24
Cuchillo	0,6185	2 500,00	1 546,25
Capa completa	0,452	12 500,00	5 650,00
Botas de hule	0,4287	9 800,00	4 201,26
Mascarilla	0,4122	6 500,00	2 679,30
Guantes	0,4782	4 600,00	2 199,72
Gafas	0,4318	1 100,00	474,98

**Anexo 2** Flujo financiero para la producción de café parte 1 (del año 0 al año 10) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Rubro	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Mano de obra</b>											
Labores de cultivo	₡ 863 408,53	₡ 188 204,45	₡ 280 665,58	₡ 242 309,26	₡ 241 062,88	₡ 241 062,88	₡ 280 665,58	₡ 242 309,26	₡ 241 062,88	₡ 242 309,26	₡ 241 062,88
Cargas sociales (43,64%)	₡ 376 791,48	₡ 82 132,42	₡ 122 482,46	₡ 105 743,76	₡ 105 199,84	₡ 105 199,84	₡ 122 482,46	₡ 105 743,76	₡ 105 199,84	₡ 105 743,76	₡ 105 199,84
<b>Total mano de obra</b>	₡ 1 240 200,01	₡ 270 336,87	₡ 403 148,04	₡ 348 053,03	₡ 346 262,72	₡ 346 262,72	₡ 403 148,04	₡ 348 053,03	₡ 346 262,72	₡ 348 053,03	₡ 346 262,72
<b>Establecimiento</b>											
Almacigo	₡ 1 028 050,00	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Transporte almacigo	₡ 105 624,00	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
<b>Total establecimiento</b>	₡ 1 133 674,00	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
<b>Mantenimiento</b>											
Resiembra (almacigo)	₡ -	₡ 80 860,09	₡ 38 449,07	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Transporte almacigo	₡ -	₡ 8 307,73	₡ 3 950,34	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Enmiendas	₡ 163 348,90	₡ 191 250,94	₡ 194 193,13	₡ 213 769,29	₡ 236 706,15	₡ 236 706,15	₡ 194 193,13	₡ 213 769,29	₡ 236 706,15	₡ 213 769,29	₡ 236 706,15
Transporte enmiendas	₡ 7 250,50	₡ 8 942,32	₡ 14 804,85	₡ 14 861,63	₡ 16 500,81	₡ 16 500,81	₡ 14 804,85	₡ 14 861,63	₡ 16 500,81	₡ 14 861,63	₡ 16 500,81
Productos químicos	₡ 104 795,66	₡ 36 256,12	₡ 36 538,83	₡ 36 538,83	₡ 55 706,46	₡ 55 706,46	₡ 48 426,57	₡ 36 538,83	₡ 55 706,46	₡ 36 538,83	₡ 55 706,46
Abonos foliares	₡ 20 530,12	₡ 21 667,73	₡ 26 270,99	₡ 22 659,89	₡ 27 362,08	₡ 27 362,08	₡ 26 270,99	₡ 22 659,89	₡ 27 362,08	₡ 22 659,89	₡ 27 362,08
Equipo agrícola	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48
<b>Total mantenimiento</b>	₡ 574 991,66	₡ 626 351,41	₡ 593 273,68	₡ 566 896,11	₡ 615 341,98	₡ 615 341,98	₡ 562 762,02	₡ 566 896,11	₡ 615 341,98	₡ 566 896,11	₡ 615 341,98
Costos administrativos	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96
<b>Costos de cosecha</b>											
fanegas por ha	0,00	0,00	20,00	30,00	40,00	60,00	34,14	26,63	41,65	26,63	41,65
Recolección de cosecha	₡ -	₡ -	₡ 454 101,00	₡ 681 151,50	₡ 908 202,00	₡ 1 362 303,00	₡ 775 054,40	₡ 604 549,57	₡ 945 559,24	₡ 604 549,57	₡ 945 559,24
Transporte de cosecha	₡ -	₡ -	₡ 27 044,40	₡ 40 566,60	₡ 54 088,80	₡ 81 133,20	₡ 46 159,07	₡ 36 004,50	₡ 56 313,64	₡ 36 004,50	₡ 56 313,64
<b>Total recolección de cosecha</b>	₡ -	₡ -	₡ 481 145,40	₡ 721 718,10	₡ 962 290,80	₡ 1 443 436,20	₡ 821 213,48	₡ 640 554,07	₡ 1 001 872,88	₡ 640 554,07	₡ 1 001 872,88
<b>Total costos de producción</b>	₡ 2 966 950,63	₡ 914 773,24	₡ 1 495 652,08	₡ 1 654 752,19	₡ 1 941 980,46	₡ 2 423 125,86	₡ 1 805 208,50	₡ 1 573 588,17	₡ 1 981 562,54	₡ 1 573 588,17	₡ 1 981 562,54
Ingresos de cosecha	₡ -	₡ -	₡ 1 537 130,20	₡ 2 305 695,30	₡ 3 074 260,40	₡ 4 611 390,60	₡ 2 623 556,28	₡ 2 046 398,05	₡ 3 200 714,51	₡ 2 046 398,05	₡ 3 200 714,51
<b>Ingresos - costos</b>	₡ (2 966 950,63)	₡ (914 773,24)	₡ 41 478,12	₡ 650 943,11	₡ 1 132 279,94	₡ 2 188 264,74	₡ 818 347,79	₡ 472 809,89	₡ 1 219 151,97	₡ 472 809,89	₡ 1 219 151,97

**Anexo 3** Flujo financiero para la producción de café parte 2 (del año 11 al año 20) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Rubro	Año										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<b>Mano de obra</b>											
Labores de cultivo	₡ 242 309,26	₡ 241 062,88	₡ 242 309,26	₡ 241 062,88	₡ 242 309,26	₡ 241 062,88	₡ 242 309,26	₡ 241 062,88	₡ 242 309,26	₡ 241 062,88	₡ 538 798,08
Cargas sociales (43,64%)	₡ 105 743,76	₡ 105 199,84	₡ 105 743,76	₡ 105 199,84	₡ 105 743,76	₡ 105 199,84	₡ 105 743,76	₡ 105 199,84	₡ 105 743,76	₡ 105 199,84	₡ 235 131,48
<b>Total mano de obra</b>	₡ 348 053,03	₡ 346 262,72	₡ 348 053,03	₡ 346 262,72	₡ 348 053,03	₡ 346 262,72	₡ 348 053,03	₡ 346 262,72	₡ 348 053,03	₡ 346 262,72	₡ 773 929,56
<b>Establecimiento</b>											
Almacigo	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Transporte almacigo	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
<b>Total establecimiento</b>	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
<b>Mantenimiento</b>											
Resiembra (almacigo)	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Transporte almacigo	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Enmiendas	₡ 213 769,29	₡ 236 706,15	₡ 213 769,29	₡ 236 706,15	₡ 213 769,29	₡ 236 706,15	₡ 213 769,29	₡ 236 706,15	₡ 213 769,29	₡ 236 706,15	₡ 236 706,15
Transporte enmiendas	₡ 14 861,63	₡ 16 500,81	₡ 14 861,63	₡ 16 500,81	₡ 14 861,63	₡ 16 500,81	₡ 14 861,63	₡ 16 500,81	₡ 14 861,63	₡ 16 500,81	₡ 16 500,81
Productos químicos	₡ 36 538,83	₡ 55 706,46	₡ 36 538,83	₡ 55 706,46	₡ 36 538,83	₡ 55 706,46	₡ 36 538,83	₡ 55 706,46	₡ 36 538,83	₡ 55 706,46	₡ 55 706,46
Abonos foliares	₡ 22 659,89	₡ 27 362,08	₡ 22 659,89	₡ 27 362,08	₡ 22 659,89	₡ 27 362,08	₡ 22 659,89	₡ 27 362,08	₡ 22 659,89	₡ 27 362,08	₡ 27 362,08
Equipo agrícola	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48	₡ 279 066,48
<b>Total mantenimiento</b>	₡ 566 896,11	₡ 615 341,98	₡ 566 896,11	₡ 615 341,98	₡ 566 896,11	₡ 615 341,98	₡ 566 896,11	₡ 615 341,98	₡ 566 896,11	₡ 615 341,98	₡ 615 341,98
Costos administrativos	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96	₡ 18 084,96
<b>Costos de cosecha</b>											
2 Dhl/ha	26,63	41,65	26,63	41,65	26,63	41,65	26,63	41,65	26,63	41,65	41,65
Recolección de cosecha	₡ 604 549,57	₡ 945 559,24	₡ 604 549,57	₡ 945 559,24	₡ 604 549,57	₡ 945 559,24	₡ 604 549,57	₡ 945 559,24	₡ 604 549,57	₡ 945 559,24	₡ 945 559,24
Transporte de cosecha	₡ 36 004,50	₡ 56 313,64	₡ 36 004,50	₡ 56 313,64	₡ 36 004,50	₡ 56 313,64	₡ 36 004,50	₡ 56 313,64	₡ 36 004,50	₡ 56 313,64	₡ 56 313,64
<b>Total recolección de cosecha</b>	₡ 640 554,07	₡ 1 001 872,88	₡ 640 554,07	₡ 1 001 872,88	₡ 640 554,07	₡ 1 001 872,88	₡ 640 554,07	₡ 1 001 872,88	₡ 640 554,07	₡ 1 001 872,88	₡ 1 001 872,88
<b>Total costos de producción</b>	₡ 1 573 588,17	₡ 1 981 562,54	₡ 1 573 588,17	₡ 1 981 562,54	₡ 1 573 588,17	₡ 1 981 562,54	₡ 1 573 588,17	₡ 1 981 562,54	₡ 1 573 588,17	₡ 1 981 562,54	₡ 2 409 229,38
Ingresos de cosecha	₡ 2 046 398,05	₡ 3 200 714,51	₡ 2 046 398,05	₡ 3 200 714,51	₡ 2 046 398,05	₡ 3 200 714,51	₡ 2 046 398,05	₡ 3 200 714,51	₡ 2 046 398,05	₡ 3 200 714,51	₡ 3 200 714,51
<b>Ingresos - costos</b>	₡ 472 809,89	₡ 1 219 151,97	₡ 472 809,89	₡ 1 219 151,97	₡ 472 809,89	₡ 1 219 151,97	₡ 472 809,89	₡ 1 219 151,97	₡ 472 809,89	₡ 1 219 151,97	₡ 791 485,13

**Anexo 4** Flujo financiero para la producción de aguacate parte 1 (del año 0 al año 10) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Rubro	Año											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Mano de obra</b>												
Labores de cultivo	₡ 256 044,73	₡ 198 721,29	₡ 217 829,10	₡ 198 721,29	₡ 191 078,16	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92
Cargas sociales (43,64%)	₡ 111 737,92	₡ 86 721,97	₡ 95 060,62	₡ 86 721,97	₡ 83 386,51	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27
<b>Total mano de obra</b>	<b>₡ 367 782,66</b>	<b>₡ 285 443,26</b>	<b>₡ 312 889,72</b>	<b>₡ 285 443,26</b>	<b>₡ 274 464,67</b>	<b>₡ 340 336,19</b>						
<b>Establecimiento</b>												
Árboles injertados	₡ 546 000,00	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Resiembra	₡ 43 680,00	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
<b>Total establecimiento</b>	<b>₡ 589 680,00</b>	<b>₡ -</b>	<b>₡ -</b>	<b>₡ -</b>	<b>₡ -</b>	<b>₡ -</b>	<b>₡ -</b>	<b>₡ -</b>	<b>₡ -</b>	<b>₡ -</b>	<b>₡ -</b>	<b>₡ -</b>
<b>Mantenimiento</b>												
Enmiendas	₡ 48 018,04	₡ 51 201,06	₡ 90 292,51	₡ 208 167,84	₡ 200 694,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00
Productos químicos	₡ 12 682,12	₡ 12 682,12	₡ 29 512,86	₡ 59 436,87	₡ 69 354,48	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86
Abonos foliares	₡ 11 543,69	₡ 11 543,69	₡ 29 137,42	₡ 74 259,74	₡ 129 490,92	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10
<b>Total mantenimiento</b>	<b>₡ 72 243,85</b>	<b>₡ 75 426,87</b>	<b>₡ 148 942,80</b>	<b>₡ 341 864,46</b>	<b>₡ 399 539,40</b>	<b>₡ 431 277,96</b>						
<b>Costos de coscha</b>												
kg/año	0	0	1560	3120	4680	7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800
Cajas	₡ -	₡ -	₡ 156 000,00	₡ 312 000,00	₡ 468 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00
<b>Total cosecha</b>	<b>₡ -</b>	<b>₡ -</b>	<b>₡ 156 000,00</b>	<b>₡ 312 000,00</b>	<b>₡ 468 000,00</b>	<b>₡ 780 000,00</b>						
Costos de asistencia técnica	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00
<b>Total de costos preliminar</b>	<b>₡ 1 139 706,50</b>	<b>₡ 470 870,13</b>	<b>₡ 727 832,52</b>	<b>₡ 1 049 307,71</b>	<b>₡ 1 252 004,07</b>	<b>₡ 1 661 614,15</b>						
Riesgos	₡ 56 985,33	₡ 47 087,01	₡ 72 783,25	₡ 104 930,77	₡ 125 200,41	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42
<b>Total costos de producción</b>	<b>₡ 1 196 691,83</b>	<b>₡ 517 957,14</b>	<b>₡ 800 615,77</b>	<b>₡ 1 154 238,49</b>	<b>₡ 1 377 204,48</b>	<b>₡ 1 827 775,57</b>						
<b>Venta por kilo de aguacate</b>												
kilos calidad 1	0	0	624	1248	1872	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
kilos calidad 2	0	0	546	1092	1638	2730	2730	2730	2730	2730	2730	2730
kilos calidad 3	0	0	390	780	1170	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950
Ingresos de cosecha	₡ -	₡ -	₡ 1 002 300,00	₡ 2 004 600,00	₡ 3 006 900,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00
<b>Ingresos - costos</b>	<b>₡ (1 196 691,83)</b>	<b>₡ (517 957,14)</b>	<b>₡ 201 684,23</b>	<b>₡ 850 361,51</b>	<b>₡ 1 629 695,52</b>	<b>₡ 3 183 724,43</b>						

**Anexo 5** Flujo financiero para la producción de aguacate parte 2 (del año 11 al año 20) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Rubro	Año										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<b>Mano de obra</b>											
Labores de cultivo	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 236 936,92	₡ 266 333,56
Cargas sociales (43,64%)	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27	₡ 103 399,27
<b>Total mano de obra</b>	₡ 340 336,19	₡ 340 336,19	₡ 340 336,19	₡ 340 336,19	₡ 340 336,19	₡ 340 336,19	₡ 340 336,19	₡ 340 336,19	₡ 340 336,19	₡ 340 336,19	₡ 369 732,83
<b>Establecimiento</b>											
Árboles injertados	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Resiembra	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
<b>Total establecimiento</b>	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
<b>Mantenimiento</b>											
Enmiendas	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00	₡ 205 699,00
Productos químicos	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86	₡ 78 028,86
Abonos foliares	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10	₡ 147 550,10
<b>Total mantenimiento</b>	₡ 431 277,96	₡ 431 277,96	₡ 431 277,96	₡ 431 277,96	₡ 431 277,96	₡ 431 277,96	₡ 431 277,96	₡ 431 277,96	₡ 431 277,96	₡ 431 277,96	₡ 431 277,96
<b>Costos de coscha</b>											
kg/año	7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800	7800
Cajas	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00
Total cosecha	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00	₡ 780 000,00
Costos de asistencia técnica	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00
<b>Total de costos preliminar</b>	₡ 1 661 614,15	₡ 1 661 614,15	₡ 1 661 614,15	₡ 1 661 614,15	₡ 1 661 614,15	₡ 1 661 614,15	₡ 1 661 614,15	₡ 1 661 614,15	₡ 1 661 614,15	₡ 1 661 614,15	₡ 1 807 940,39
Riesgos	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 166 161,42	₡ 180 794,04
<b>Total costos de producción</b>	₡ 1 827 775,57	₡ 1 827 775,57	₡ 1 827 775,57	₡ 1 827 775,57	₡ 1 827 775,57	₡ 1 827 775,57	₡ 1 827 775,57	₡ 1 827 775,57	₡ 1 827 775,57	₡ 1 827 775,57	₡ 1 988 734,43
<b>Venta por kilo de aguacate</b>											
kilos calidad 1	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120
kilos calidad 2	2730	2730	2730	2730	2730	2730	2730	2730	2730	2730	2730
kilos calidad 3	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950
Ingresos de cosecha	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00	₡ 5 011 500,00
<b>Ingresos - costos</b>	₡ 3 183 724,43	₡ 3 183 724,43	₡ 3 183 724,43	₡ 3 183 724,43	₡ 3 183 724,43	₡ 3 183 724,43	₡ 3 183 724,43	₡ 3 183 724,43	₡ 3 183 724,43	₡ 3 183 724,43	₡ 3 022 765,57

**Anexo 6** Flujo financiero para la producción de gravilia parte 1 (del año 0 al año 10) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Rubro	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Mano de obra</b>											
Labores de cultivo	₡ 39 149,36	₡ 14 063,35	₡ 12 840,45	₡ 7 337,40	₡ -	₡ 23 438,92	₡ -	₡ -	₡ 23 438,92	₡ -	₡ -
Cargas sociales (43,64%)	₡ 17 084,78	₡ 6 137,25	₡ 5 603,57	₡ 3 202,04	₡ -	₡ 10 228,75	₡ -	₡ -	₡ 10 228,75	₡ -	₡ -
<b>Total mano de obra</b>	₡ 56 234,14	₡ 20 200,60	₡ 18 444,03	₡ 10 539,44	₡ -	₡ 33 667,67	₡ -	₡ -	₡ 33 667,67	₡ -	₡ -
<b>Establecimiento</b>											
Almacigo	₡ 78 000,00	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
<b>Total establecimiento</b>	₡ 78 000,00	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
<b>Mantenimiento</b>											
Resiembra (almacigo)	₡ 8 500,00	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Enmiendas	₡ 2 135,72	₡ 2 135,72	₡ 2 135,72	₡ 2 135,72	₡ -	₡ 2 135,72	₡ -	₡ -	₡ 2 135,72	₡ -	₡ -
<b>Total mantenimiento</b>	₡ 10 635,72	₡ 2 135,72	₡ 2 135,72	₡ 2 135,72	₡ -	₡ 2 135,72	₡ -	₡ -	₡ 2 135,72	₡ -	₡ -
Asistencia técnica	₡ 13 843,44	₡ 110 000,00	₡ 8 306,06	₡ 110 000,00	₡ 5 537,38	₡ -	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00
Alquiler tractor	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
<b>Subtotal</b>	₡ 158 713,29	₡ 132 336,32	₡ 28 885,81	₡ 122 675,16	₡ 5 537,38	₡ 35 803,38	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 145 803,38	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00
Riesgos (10%)	₡ 15 871,33	₡ 13 233,63	₡ 2 888,58	₡ 12 267,52	₡ 553,74	₡ 3 580,34	₡ 11 000,00	₡ 11 000,00	₡ 14 580,34	₡ 11 000,00	₡ 11 000,00
<b>Total</b>	₡ 174 584,62	₡ 145 569,95	₡ 31 774,39	₡ 134 942,68	₡ 6 091,11	₡ 39 383,72	₡ 121 000,00	₡ 121 000,00	₡ 160 383,72	₡ 121 000,00	₡ 121 000,00
Insumo PSA	₡ 76 908,00	₡ -	₡ 46 144,80	₡ -	₡ 30 763,20	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Ingresos por venta de madera	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
<b>(Insumos/ingresos - costos)</b>	₡ (97 676,62)	₡ (145 569,95)	₡ 14 370,41	₡ (134 942,68)	₡ 24 672,09	₡ (39 383,72)	₡ (121 000,00)	₡ (121 000,00)	₡ (160 383,72)	₡ (121 000,00)	₡ (121 000,00)

**Anexo 7** Flujo financiero para la producción de gravilia parte 2 (del año 11 al año 20) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Rubro	Año										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<b>Mano de obra</b>											
Labores de cultivo	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	29 396,64
Cargas sociales (43,64%)	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	12 828,69
<b>Total mano de obra</b>	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	42 225,33
<b>Establecimiento</b>											
Almacigo	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	-
<b>Total establecimiento</b>	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	-
<b>Mantenimiento</b>											
Resiembra (almacigo)	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	-
Enmiendas	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	-
<b>Total mantenimiento</b>	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	-
Asistencia técnica	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00
Alquiler tractor	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 1 600 000,00
<b>Subtotal</b>	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 110 000,00	₡ 1 752 225,33
Riesgos (10%)	₡ 11 000,00	₡ 11 000,00	₡ 11 000,00	₡ 11 000,00	₡ 11 000,00	₡ 11 000,00	₡ 11 000,00	₡ 11 000,00	₡ 11 000,00	₡ 11 000,00	₡ 175 222,53
<b>Total</b>	₡ 121 000,00	₡ 121 000,00	₡ 121 000,00	₡ 121 000,00	₡ 121 000,00	₡ 121 000,00	₡ 121 000,00	₡ 121 000,00	₡ 121 000,00	₡ 121 000,00	₡ 1 927 447,87
Insumo PSA	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	-
Ingresos por venta de madera	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 11 838 620,74
<b>(Insumos/ingresos - costos)</b>	₡ (121 000,00)	₡ (121 000,00)	₡ (121 000,00)	₡ (121 000,00)	₡ (121 000,00)	₡ (121 000,00)	₡ (121 000,00)	₡ (121 000,00)	₡ (121 000,00)	₡ (121 000,00)	₡ 9 911 172,88

**Anexo 8** Flujo financiero para la producción de poró parte 1 (del año 0 al año 10) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Rubro	Año											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Mano de obra</b>												
Labores de cultivo	₡ 53 893,84	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03
Cargas sociales (43,64%)	₡ 23 519,27	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47
Total mano de obra	₡ 77 413,11	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50
PSA (18%)	₡ 13 843,44	₡ -	₡ 8 306,06	₡ -	₡ 5 537,38	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Subtotal de costos	₡ 168 669,66	₡ 112 249,00	₡ 120 555,06	₡ 112 249,00	₡ 117 786,38	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00
Riesgos (10%)	₡ 16 866,97	₡ 11 224,90	₡ 12 055,51	₡ 11 224,90	₡ 11 778,64	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90
Total de costos	₡ 185 536,63	₡ 123 473,90	₡ 132 610,57	₡ 123 473,90	₡ 129 565,01	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90
Insumo PSA	₡ 76 908,00	₡ -	₡ 46 144,80	₡ -	₡ 30 763,20	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Insumo-costos	₡ (108 628,63)	₡ (123 473,90)	₡ (86 465,77)	₡ (123 473,90)	₡ (98 801,81)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)

**Anexo 9** Flujo financiero para la producción de poró parte 2 (del año 11 al año 20) en SAF con café en la Zona de los Santos, Costa Rica.

Rubro	Año									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Mano de obra</b>										
Labores de cultivo	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 39 073,03	₡ 68 469,67
Cargas sociales (43,64%)	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 17 051,47	₡ 29 880,16
Total mano de obra	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 56 124,50	₡ 98 349,83
PSA (18%)	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Subtotal de costos	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 112 249,00	₡ 196 699,67
Riesgos (10%)	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 11 224,90	₡ 19 669,97
Total de costos	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 123 473,90	₡ 216 369,63
Insumo PSA	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Insumo-costos	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (123 473,90)	₡ (216 369,63)