

**EVALUACION DE BENEFICIOS DEL SISTEMA AGROFORESTAL  
CACAO (*Theobroma cacao* L.) y TANGARE (*Carapa Guianensis* Aulb) EN  
TUMACO - NARIÑO**

**JENIFER ORTIZ DAJOME  
DIOGENES BERNARDO BATIOJA ESTUPIÑAN**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
SAN ANDRÉS DE TUMACO**

**2023**

**EVALUACION DE BENEFICIOS DEL SISTEMA AGROFORESTAL  
CACAO (*Theobroma cacao* L.) y TANGARE (*Carapa Guianensis* Aulb) EN  
TUMACO - NARIÑO**

**PRESENTADO POR:  
JENIFER ORTIZ DAJOME  
DIOGENES BERNARDO BATIOJA ESTUPIÑAN**

**TESIS PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL  
TÍTULO DE INGENIEROS AGROFORESTALES**

**PRESIDENTE:  
IVÁN ANDRÉS DELGADO VARGAS M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
SAN ANDRÉS DE TUMACO**

**2023**



## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo son responsabilidad exclusiva de su autor”

Artículo 1° de acuerdo 324 de octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

**Jorge Fernando Navia Estrada PhD.**  
**Jurado delegado**

---

**Paulo Cesar Cabrera Moncayo MSc.**

**Jurado**

---

**Iván Andrés Delgado Vargas MSc.**  
**Presidente**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, indudablemente es quien nos permitió este logro profesional, gracias por prestarnos la vida y por hacer de nosotros personas pacientes, perseverantes y valientes, con el todo, sin el nada.

Al MSc Iván Andrés Delgado Vargas, nuestro presidente y asesor de tesis, quien formo parte importante de este trabajo con sus aportes profesionales, sin usted y su paciencia este trabajo no lo hubiésemos logrado.

A los jurados Jorge Fernando Navia Estrada y Paulo Cesar Cabrera Moncayo, por su acompañamiento, sus conocimientos rigurosos y precisos.

A los docentes, gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación, tolerancia y perseverancia, a mis compañeros de batalla, con quien compartí momentos inolvidables, buenos y malos, gracias por su acompañamiento, y por supuesto a la Universidad de Nariño quien presto los mejores profesionales para que nos instruyeran de la mejor manera.

A nuestras queridas familias, nuestros padres, hermanos y compañeros de vida, esto va dedicado a ustedes porque estuvieron siempre a nuestro lado en los días y noches más difíciles durante nuestra horas de estudio, quienes tomaron este proyecto como suyo, gracias por apoyarnos en todos los momentos y darnos una voz de aliento, ustedes han sido el motor que impulsa nuestros sueños y esperanzas.

## DEDICATORIA

*A Dios, por su bondad y misericordia infinita.*

*A mi padre, por su apoyo sin condiciones.*

*A mi madre, una mujer excepcional, por brindarme siempre su amor y comprensión*

*Y nunca dejarme sola en este proceso.*

*A mis hermanos, por acompañarme siempre en este proceso.*

*A mi compañero de vida que siempre me brindó su apoyo incondicional.*

*Jenifer Ortiz Dajome*

*A Dios, por su infinito amor*

*A mi familia y a mis amigos.*

*Diógenes Bernardo Batioja Estupiñan.*

## 1. RESUMEN

El estudio se realizó en las coordenadas: 1°11'26.90" N y 78°31'11.78" W, en el municipio de Tumaco - Nariño, donde se evaluó los beneficios del sistema agroforestal Tangare (*Carapa guianensis* Aulb) y cacao (*Theobroma cacao* L.), en la finca la Lomita km 31, a los trece años de establecido, bajo un diseño agroforestal completamente al azar, con cuatro tratamientos donde se tomaron 2 unidades experimentales por hectárea. Con respecto al índice de grano y mazorca presento un excelente resultado en cuanto a lo establecido en la literatura; en la variable del estado fitosanitario se obtuvo un resultado regular, pero no se vio comprometido ningún aspecto en el desarrollo del sistema. En el análisis de sombra se obtuvo un rango de 83.15 %, siendo un comportamiento negativo, debido a que el cultivo de cacao necesita en su etapa inicial un 70% y en su etapa productiva disminuyen los requerimientos a un 30% para un óptimo desarrollo. El valor del carbono estimado fue superior en comparación con otros estudios, dejando la asociación de cacao y el maderable como una buena opción para el pago por servicios ambientales, esto significaría ingresos adicionales que ayudarían al manejo del sistema.

**Palabras claves:** Agroforesteria, captura de carbono, índice, sombra.

## 2. ABSTRAC

The study was carried out at the coordinates: 1°11'26.90" N and 78°31'11.78" W, in the municipality of Tumaco - Nariño, where the benefits of the Tangare (*carapa guianensis* Aulb) and cocoa (*Theobroma guianensis*) agroforestry system were evaluated. Cacao L), at the La Lomita km 31 farm, eleven years after establishment, under a completely random agroforestry design, with four treatments where 2 experimental units per hectare were taken. Regarding the grain and cob index, I present an excellent result in terms of what is established in the literature; in the phytosanitary status variable, a regular result was obtained, but no aspect in the development of the system was compromised. In the shade analysis, a range of 83.15% was obtained, being a negative behavior, because the cocoa crop needs 70% in its initial stage and in its productive stage the requirements decrease to 30% for optimal development. The value of the estimated carbon was higher compared to other studies, leaving the association of cocoa and timber as a good option for payment for environmental services, this would mean additional income that would help the management of the system.

Keywords: Agroforestry, carbon sequestration, index, shade.

## TABLA DE CONTENIDO

2. INTRODUCCIÓN .....	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
Localización .....	9
OBJETIVOS .....	10
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
METODOLOGIA.....	11
Recolección de datos.....	11
Identificación de las variables fisiológicas, índice de grano, índice de mazorca y estado fitosanitario en el sistema agroforestal de cacao ( <i>T. cacao</i> ) con tangare ( <i>C. guianensis</i> ).....	11
Número de mazorcas: .....	11
Índice de grano (IG):.....	12
Índice de mazorca: .....	12
Estado fitosanitario: .....	12
Análisis de sombra de la asociación agroforestal de cacao ( <i>T. cacao</i> ) con tangare ( <i>C. guianensis</i> ). .....	13
Estimación de la captura de carbono aéreo en el arreglo agroforestal de cacao ( <i>T. cacao</i> ) con tangare ( <i>C. guianensis</i> ).....	14
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	15
Identificación de las variables fisiológicas, índice de grano, índice de mazorca y estado fitosanitario en el sistema agroforestal Tangare ( <i>Carapa guianensis</i> Aubl) y Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.).....	15

Índice de grano:.....	15
Índice de Mazorca:.....	17
Estado Fitosanitario: .....	18
Análisis de sombra de la asociación agroforestal de T. cacao y C. guianensis .....	21
Captura de carbono aéreo en el arreglo agroforestal tangare (C. guianensis Aulb) y cacao (T. cacao L.).....	24
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	27
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	28
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	29

## TABLA DE FIGURAS

1 MAPA DE UBICACION DE LA FINCA LA LOMITA, TUMACO-NARIÑO.....	9
2 INDICE DE GRANO (ICS95) .....	16
3. INDICE DE GRANO DE CACAO.....	17
4. INDICE DE MAZORCA .....	18
5. GRADO DE AFECTACION .....	19
6. AFECTACION POR MONILIA.....	20
7. TOMA DE ALTURA DE ARBOLES MADERABLES.....	21
8. TOMA DE DAP DE ARBOLES DE CACAO .....	22
9. DAP DE ARBOLES MADERABLES .....	22
10. DOSEL DE SOMBRA DEL TANGARE.....	23

## 2. INTRODUCCIÓN

La Agroforestería data como una práctica milenaria a nivel mundial, que varía considerablemente de una región a otra, tanto a nivel de paisaje, condiciones edafoclimáticas, como en función de las necesidades socioeconómicas, costumbres, culturas, entre otros. Los sistemas agroforestales – SAF; son sistemas multifuncionales que pueden proporcionar una gran variedad de beneficios bienes y servicios, siendo de gran relevancia para pequeñas extensiones, como también grandes extensiones de tierra (FAO, 2022).

Dentro de los beneficios de los SAF encontramos el económico, cuya finalidad es mantener o incrementar la producción y la productividad de los sistemas agrícolas, reducir los insumos externos, mediante la diversificación de cultivos semestrales, anuales, perennes, en asocio con leñosas perennes multipropósito (Delgado-Vargas *et al.*, 2022; FAO, 2022); contribuyendo a mediano y largo plazo a la reducción de la pobreza rural y el fortalecimiento de trabajo familiar (Cardozo *et al.*, 2022).

Sin embargo, si se aprovechan de manera inadecuada, pueden provocar una disminución de la producción a consecuencia de la competencia entre los árboles y los cultivos. La adopción y la aplicación apropiada de los SAF requieren un buen conocimiento de dichos sistemas y un modo de desarrollar conocimientos derivados de la experiencia. (FAO, 2022)

El cacao de origen colombiano se exporta a más de 70 países como México (51% y USD 11,55 millones), Malasia (19% y USD 4,38 millones), Estados Unidos (19% y USD 15,79 millones), Ecuador (17 % y USD 13,88 millones) y Alemania (12% y USD 2,66 millones) (PROCOLOMBIA , 2020). El cultivo de cacao en Colombia tiene un papel muy importante en la economía de las familias agricultoras, su producción se complementa bajo los SAF, proveyendo alternativas apropiadas para optimizar procesos y aprovechar recursos locales (Compañía Nacional de Chocolate, 2021). El departamento de Nariño, ocupa el sexto lugar en la producción anual de cacao a nivel nacional con un 5%, y 2.980 toneladas; y un área sembrada de 15.150 ha, obteniendo un rendimiento de 0,23 t/ha. (MADR; FEDECACAO, 2021)

Por otro lado el componente maderable también brinda múltiples beneficios como: promover prácticas sostenibles, recuperación de ecosistemas, prolonga la vida productiva del cacao, disminuye la demanda de insumos, reduce los costos de mantenimiento, mejora el suelo gracias al aumento de materia orgánica, captura de Co<sub>2</sub>, mejora la economía familiar, recupera suelos degradados, mitiga desastres naturales y controla plagas y enfermedades. (Compañía Nacional del Chocolate, 2021)

Para el municipio de San Andrés de Tumaco ubicado en el sur occidente del departamento, presenta una producción de 240 kg/ha/año, la cual es baja a causa de muchos factores, como lo son la presencia de enfermedades fitosanitarias, un deficiente nivel tecnológico en la producción, cosecha, y beneficio del grano, además de un bajo poder de negociación en la comercialización y la inestabilidad en los precios. (FEDECACAO, 2018). Sin embargo, este cultivo representa un pilar importante para la economía familiar, siendo una de las principales actividades agrícolas, con 14.000 hectáreas sembradas (MINAGRICULTURA, 2018).

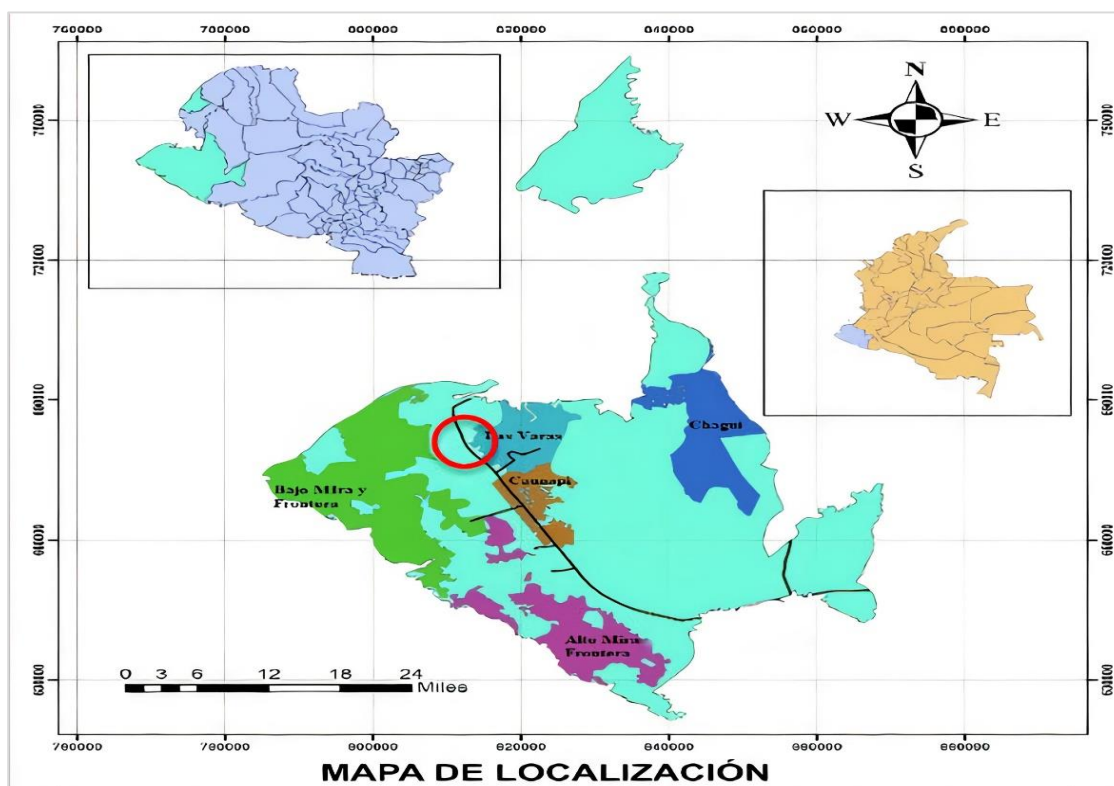
No obstante, en algunas zonas de Tumaco, el cultivo de cacao en asocio con árboles y arbustos, combinado con prácticas culturales ha permitido obtener reconocimientos sobresalientes, como lo expuesto en el Salón del chocolate en París, donde se catalogó como el mejor cacao del mundo, premio a la excelencia, mejor muestra de Suramérica en el año 2015 (FEDECACAO, 2020).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar los beneficios productivos y ambientales de la asociación de cacao (*Theobroma cacao* L.) con tangare (*Carapa guianensis* Aubl), en la finca la finca la Lomita – Km 31, mediante la identificación de variables fisiológicas de los componentes del arreglo, el análisis del dosel de sombra y la estimación de la captura de carbono aéreo del sistema agroforestal.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Localización

La Finca La Lomita se encuentra en el Kilómetro 31 vía Tumaco – Pasto, con una extensión de 2.2 ha, con el sistema productivo de cacao en asocio con tangare, ubicada en las coordenadas  $1^{\circ}11'26.90''$  N y  $78^{\circ}31'11.78''$  W, en el municipio de Tumaco- Nariño (Figura 1), presenta una elevación de 300 m.s.n.m., temperatura promedio de  $26,2^{\circ}\text{C}$  y una precipitación promedio de 2.843 mm/año, brillo solar medio oscila 81.7 y 142.3 horas luz /día y la humedad relativa de valores máximos medios corresponden al 95% y los mínimos medios a 80% (Alcaldía Municipal de Tumaco, 2008 - 2019). Se clasifica como zona de vida tropical (Holdridge, 1982), hace parte de la región del Chocó Biogeográfico que se caracteriza por presentar una gran variedad de ecosistemas acuáticos y terrestres, abundantes lluvias y gran biodiversidad de especies de flora y fauna (Alcaldía Municipal de Tumaco, 2008 - 2019).



*Figura 1. Mapa de ubicación de la finca la lomita, Tumaco-Nariño*

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los beneficios en productividad y los servicios ambientales de la asociación agroforestal cacao (*Theobroma cacao* L.) con tangare (*Carapa guianensis* Aubl) en la finca la finca la Lomita, Km 31, municipio de Tumaco, Departamento de Nariño.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las variables fisiológicas, índice de grano, índice de mazorca y estado fitosanitario en el arreglo agroforestal *T. cacao* y *C. guianensis*.
- Análisis de sombra de la asociación agroforestal de *T. cacao* y *C. guianensis*.
- Estimar la captura de carbono aéreo en el sistema agroforestal *T. cacao* y *C. guianensis*.

## METODOLOGIA

### **Recolección de datos**

Para la recolección de datos en la finca la Lomita km 31 se realizó una delimitación de parcelas demostrativas mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar – DBCA. En cada hectárea se implementaron 2 parcelas demostrativas de 20 x 20m y se realizaron sus respectivas mediciones. Este diseño se utilizó debido a que en esta investigación se encontraban diferentes fuentes de variabilidad haciéndolo el más confiable, sencillo de planificar y ejecutar, con una flexibilidad en el número de tratamientos que permitía el cálculo de una o más unidades. Por último los datos recolectados en campo se procesaron en el paquete estadístico InfoStat, donde se trabajó con la prueba de LSD Fisher a un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%

### **Identificación de las variables fisiológicas, índice de grano, índice de mazorca y estado fitosanitario en el sistema agroforestal de cacao (*T. cacao*) con tangare (*C. guianensis*).**

Se trabajó con la metodología de Ayestas (2009), adaptada a esta investigación, donde se tomó las variables de número de mazorcas, índice de grano, índice de mazorcas y estado fitosanitario. Para cada una de estas variables se hizo selección de los árboles superiores en cada parcela demostrativa de 20 x 20.

#### ***Número de mazorcas:***

En cada uno de los tratamientos se procedió a la identificación y conteo de las mazorcas con consistencias duras y todos sus granos bien formados.

**Índice de grano (IG):**

Se tomó 100 granos de las mazorcas cosechadas en cada uno de los tratamientos se procedió a su secado durante 15 días, y se calculó con la siguiente ecuación.

$$\mathbf{Indgrano} = \frac{\text{ps100sem}}{100}$$

Donde:

- Indgrano = Índice de grano
- Ps100sem = Peso seco de 100 semillas
- 100 = Cantidad de semillas pesadas secas

**Índice de mazorca:**

Se obtuvo el peso seco de cada uno de los tratamientos, para la conformación de un kilogramo de cacao con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Indmaz} = 1000 / \text{Indgrano} / \text{granofrut}$$

Donde:

- Indmaz = Índice de mazorca 1000 = 1000 gramos conforman un kg
- Indgrano = Índice de grano
- Granofrut = Cantidad de granos en cada fruto

**Estado fitosanitario:**

Por medio de una evaluación visual se identificaron en los árboles el número de mazorcas sanas, el porcentaje de afectación por enfermedades o daño por animales, con la siguiente ecuación

$$\mathbf{Afectacion \%} = \frac{\Sigma \text{FAxA}}{\Sigma \text{FTxA}} \times 100$$

Donde:

- FAxA= frutos afectados por arboles
- FTxA= frutos totales por arboles

## **Análisis de sombra de la asociación agroforestal de cacao (*T. cacao*) con tangare (*C. guianensis*).**

Se trabajó con la metodología de Somarriba (2002) y CENICAFE (2015), se inició con la definición de transectos (diagonal, vertical y horizontal) mediante recorrido en zigzag, mediante observación se tomó fotografías del dosel de sombra en 50 puntos y se contrastó con la guía la plantilla visual de sombrero (PVS), para determinar los porcentajes de sombra.

En cada parcela se tomaron las variables de DAP, altura total, altura comercial, altura de copa, diámetro de copa, oclusión. Estas muestras fueron tomadas para el DAP a 1.30 cm (altura de pecho), para altura total se tomó desde la distancia del suelo a la punta del ápice, en la altura de copa se tomó la distancia vertical del margen inferior de la copa a nivel del suelo, con respecto al diámetro de la copa se realizó la medida de ambos extremos con dirección norte sur y este oeste. Con la información recolectada se realizaron las siguientes formulas:

- El área total de la plantación o parcela de muestreo (**at**);
- El número de árboles (**n**) en **at**;
- El diámetro de copa promedio (**d**) o los diámetros de copa de cada árbol (**di**)
- La oclusión promedio de las copas (**o**) y la oclusión de la copa de cada árbol (**oi**).

Posteriormente se calculó el área de proyección de la copa, se ajustó para determinar el área “tapada” por árbol y así se estimó la superficie tapada en las cuatro parcelas demostrativas.

Con el diámetro de copa (**d** o **di**) se calculó el área de proyección vertical de la copa (**a** o **ai**) suponiendo una forma circular, fórmula:

$$a = d^2 * \frac{\pi}{4}$$

Donde:

- d: Diámetro de copa
- Se ajustó el área de proyección

$$b = n * a * o$$

Dónde:

- n: Número de árboles.
- a: Área de proyección vertical de la copa.
- o: Oclusión promedio de las copas.

Por último, se dividió el área tapada “b” entre el área total de la plantación o parcela (at) y se lo expreso en porcentaje.

$$\%C = \frac{b}{at} * 10$$

### Estimación de la captura de carbono aéreo en el arreglo agroforestal de cacao (T. cacao) con tangare (C. guianensis).

Para este objetivo se implementó la metodología de Segura & Andrade (2008), adaptada a este estudio. Con las mediciones del cacao y tangare de DAP y altura, luego se extrapolo a la hectárea, se aplicó la información en las siguientes formulas:

**Tabla 1.** Formulas alometricas para el cultivo de cacao y tangare

SISTEMA	FORMULA AGOMETRÍA	FUENTE
Cacao	$B = 10^{(-1.625 + 2.63 * \text{Log}_{10}(d_{30}))}$ Donde: $d_{30}$ : diámetro a la altura de 30 centímetros.	Segura y Andrade (2008).
Tangare	$B = (21.3 - 6.95 * (\text{dap}) + 0.74 (\text{dap}^2))$ Donde: Dap: diámetro a la altura del pecho	Segura y Andrade (2008).

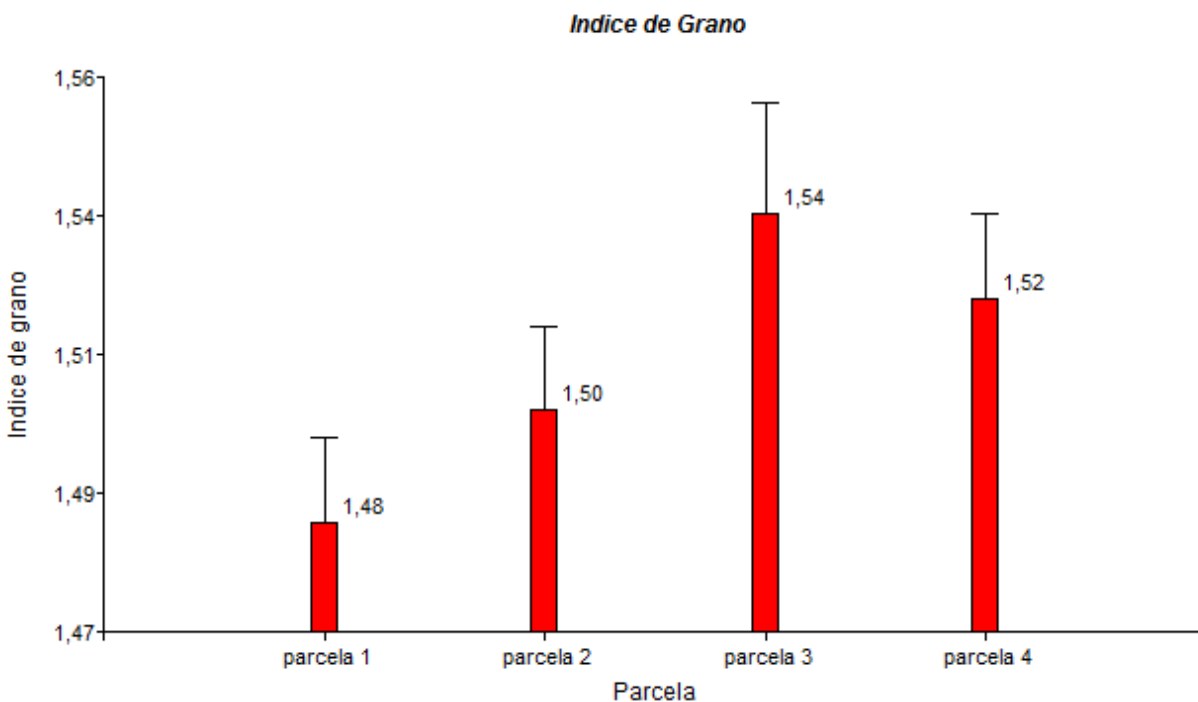
#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### **Identificación de las variables fisiológicas, índice de grano, índice de mazorca y estado fitosanitario en el sistema agroforestal Tangare (*Carapa guianensis* Aubl) y Cacao (*Theobroma cacao* L.).**

El sistema agroforestal tradicional de la finca “La Lomita”, se encuentra establecida hace 13 años el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) es variedad ICS – 95, presenta una resistencia a enfermedades fitosanitarias, con una producción anual de 280k/ha, el cual está en asocio con tangare (*Carapa guianensis* Aubl), que es una especie maderable, en el momento no tiene aprovechamiento debido a su edad.

##### Índice de grano:

Para esta variable se obtuvo 1,51 en la prueba de promedio de todas las parcelas, siendo el 1,49 el más bajo en el tratamiento 1 y 1,54 el más alto en el tratamiento 3, se puede decir que no se presentó diferencias significativas en los tratamientos, por lo tanto todos tienen el mismo efecto en el sistema. (**Grafico 2**). El grano del clon ICS 95 es considerado como pequeño con un índice promedio de 1,1 a 1,5g para una producción óptima (Perea *et al.*, 2013), sin embargo, en un estudio realizado en el departamento de Antioquia, municipio de Chigorodo bajo condiciones similares a las de la zona de estudio, presenta 4 horas diarias de brillo solar, con una humedad relativa de 85 a 95% y con una temperatura entre 26°C y 28°C, se consiguió un aumento en el índice de 1,59; consiguiendo índices más altos debido a las mejoras en el sistema como podas de regulación de sombra y retiro periódico de las mazorcas enfermas. (López, *et al.*, 2016).



**Figura 2.** Índice de grano (ics95)

Por lo anterior, para tener un buen índice de grano (figura 2) desde el inicio de la implementación del sistema se deben tener en cuenta los factores y condiciones que expresan FEDECACAO, (2014) y Sukha et al, (2002), como el comportamiento del clima en la etapa de fecundación y desarrollo del fruto, la sanidad del cultivo y la genética del material sembrado, lo que permitirá mejorar el peso en la almendra del cacao y a través del tiempo la producción del sistema.

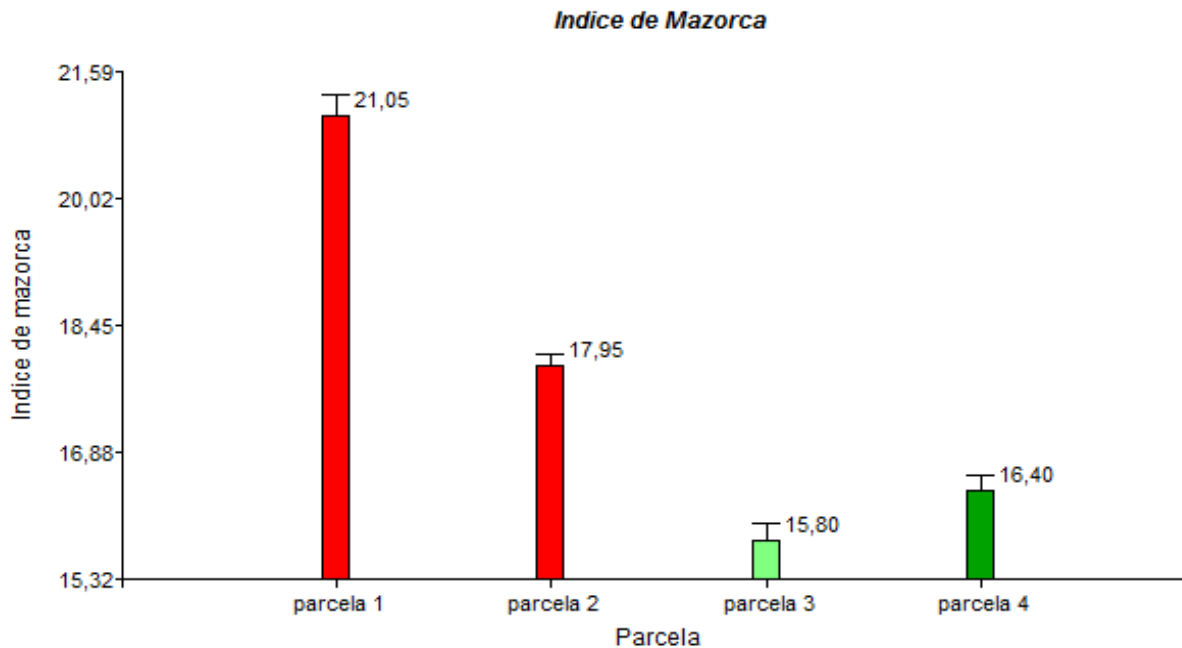


Figura 3. Índice de grano de cacao

#### Índice de Mazorca:

Con respecto al índice de mazorca se presentaron diferencias estadísticas significativas entre parcelas (**Grafico 3**), presentándose el mejor comportamiento en el Tratamiento 3 con 15,80 mazorcas para conformar un kg de cacao seco y el más alto lo presentó el tratamiento 1 con 21,26 mazorcas para conformar un kilogramo. Esto puede darse debido a que en la parcela 3 hay mayor entrada de luz solar mejorando la formación de la mazorca y por ende del grano; de acuerdo a lo reportado por Perea, *et al.*, (2013) y PROEXPORTCOLOMBIA (2012), establecen que son necesarias 21 mazorcas de ICS 95 para lograr dicha cantidad, siendo mayor a lo reportado en la presente investigación.

**Figura 4. Índice de mazorca**



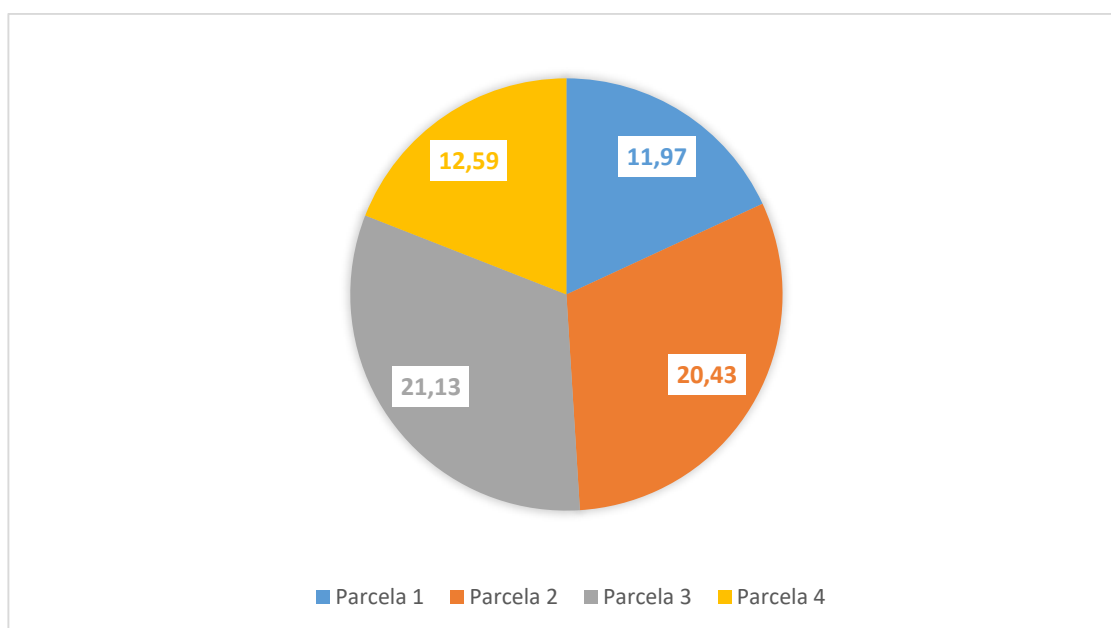
En el estudio morfológico de materiales de *T. cacao* de diferentes zonas productoras de Colombia, se relacionó que el índice de mazorca tiene relación con la longitud, diámetro peso, peso y diámetro de semilla y peso longitud del fruto (López *et al.*, 2021), presentando similitud en lo reportado en la presente investigación con el clon ICS 95 ya que existe una relación inversamente proporcional entre el índice de mazorca y el índice de grano es decir, si se presenta una mazorca con granos de buen tamaño, se obtendrá mejores resultado para la obtención de un kilogramo de cacao como se presentó en este estudio.

Estado Fitosanitario:

Para esta variable se obtuvo diferencias significativas en cada uno de los tratamientos (Tabla 1 y figura 3), siendo el más alto en el tratamiento 4 con 71 mazorcas, de las cuales 5 están afectadas por *Monilia* (*Moniliophthora roreri*) con un porcentaje del 21,13% y el tratamiento con menores valores el tratamiento 1 con 142 mazorcas y 17 afectadas con un porcentaje de 11,97%, por lo anterior, según el IICA (2015), en lugares donde se presenta mayor humedad, hay mayor presencia de la enfermedad, corroborando los porcentajes obtenidos en los tratamientos 3y 4.

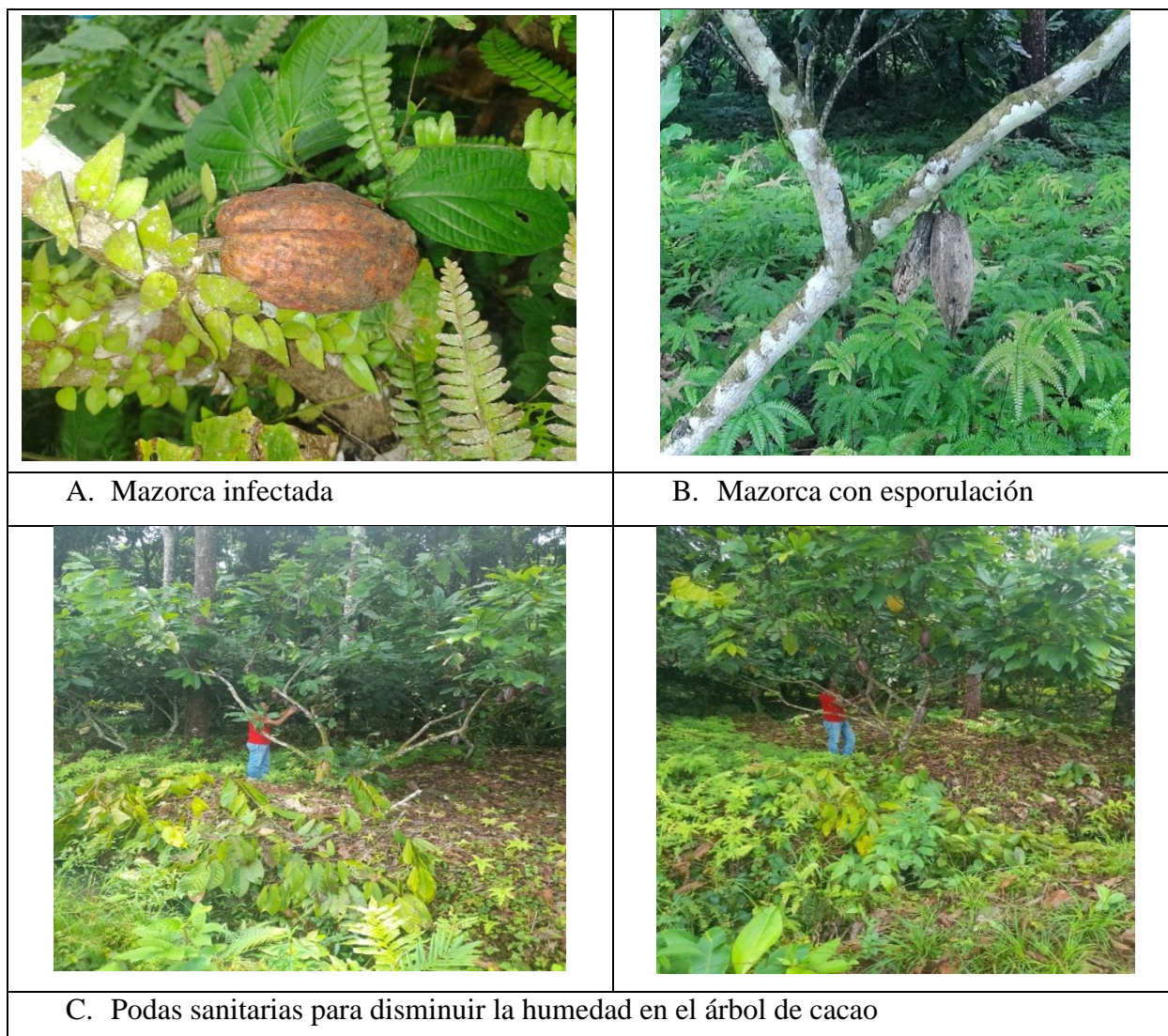
**Tabla 1** *Afectación por Moniliophthora roreri*

Parcela	Número total de mazorcas	Mazorcas afectadas	% afectación
1	142	17	11,97
2	135	17	12,59
3	93	19	20,43
4	71	15	21,13
<b>Promedio</b>			<b>16,53</b>

**Figura 5.** *Grado de afectación*

Según el ICA (2012), establece que bajo condiciones óptimas de manejo los daños por *M. roreri* disminuyen a niveles inferiores al 8%, lo cual difieren con la presente investigación donde se obtuvo un valor de 16,53. Un estudio realizado en el municipio de Tumaco en SAF de cacao y caoba arrojó un 76% de afectación por *Monilia* y *phytophthora* según Valverde y Arizala (2016) la presencia de estas enfermedades puede ser favorecida por la densidad de siembra y la asociación del cultivo con una especie maderable bajo SAF, estas dos situaciones sin un buen manejo pueden aumentar la humedad relativa favoreciendo y aumentando la enfermedad.

**Figura 6.** *Afectación de la mazorca de cacao por Moniliophthora roreri.*



La Compañía Nacional de Chocolate (2019) indica que la *Monilia* normalmente desde la infección hasta la aparición de los primeros síntomas transcurre de 30 a 45 días antes de aparecer la mancha chocolate y finalmente después de ocho a nueve días se forma la estructura lanosa de color crema, esta indica la presencia de esporas maduras. Se infiere que entre el periodo de incubación y los síntomas visibles de la enfermedad transcurre un mes con un periodo vegetativo de aproximadamente tres meses (Rodríguez *et al.* 2005).

Según el estudio realizado en la finca San José en el municipio de San Vicente de Chucurí en el departamento de Santander en los años 2017 y 2018 indicaron que al realizar un buen control cultural de monilia, los rendimientos aumentaron significativamente con niveles de incidencia del

10% confirmando la eficacia y la sostenibilidad del control de la enfermedad, y se reflejó con una producción de 1.708 y 1.419 kg/ha (Compañía Nacional de Chocolate, 2019). Para su control se recomienda una buena regulación de la sombra que permita el paso de luz y aire entre un 30 y 40%, realizar podas moderadas las veces que sea necesaria para mantener el cultivo aireado y con una baja humedad, también cosechar las mazorcas maduras semanalmente para evitar presencia de infección en la etapa de maduración y mantener un buen sistema de drenaje evitando así encharcamientos que puedan favorecer la enfermedad y por último si la enfermedad persiste se recomienda prácticas de control químico con fungicidas (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2016).

### **Análisis de sombra de la asociación agroforestal de *T. cacao* y *C. guianensis***

En el análisis de sombra realizado en este sistema se obtuvo un porcentaje de 83,15% para un total de 350 árboles de tangeré/ha<sup>-1</sup> (Figuras 5, 6, y 7). Según Somarriba (2002), Aguilar y Sampson (2016) para que el sistema tenga un buen rendimiento la plantación necesita en los tres primeros años del 70 a 50% de sombra y de los nueve años en adelante se disminuye entre un 35 a 30%.

**Figura 7.** Toma de altura de árboles maderables



## Dosel de sombra

**Figura 9.** DAP de árboles maderables



**Figura 8.** Toma de DAP de árboles de cacao



Sin embargo, en agroecosistemas con un brillo solar entre 5-6 horas luz/día es posible manejar un porcentaje más alto de sombra, en Santander se evaluó el rendimiento fisiológico de nueve clones de cacao como el ICS 95, bajo sombra establecidos en sistema agroforestal con *Cariniana pyriformis* y *Hevea brasiliensis* en El Carmen de Chucuri y *C. pyriformis*, *Tectona grandis* en Rio Negro, los resultados arrojaron que los sombríos evaluados aportaron entre un 60 y 70% tomando como base un día asoleado en Santander siendo acordes con los mencionados por Jaimez, *et al.*, (2008) y (Quiroz, 2010), estos recomiendan entre 50 y 70% para que las plantas logren mayores tasas fotosintéticas y puedan tener un buen desarrollo y a su vez muy buena producción; según las evaluadas en Ecuador y Venezuela, de igual forma es importante tener en cuenta las condiciones climáticas de cada área o zona de estudio.

La Compañía Nacional de Chocolate (2014) y CATIE (2021) indican que el cacao es típicamente umbrofilo; y el objetivo de dar sombra al inicio de la plantación es reducir la cantidad de radiación que llega al cultivo y protegerlo de los vientos que pueden perjudicar su crecimiento y desarrollo, por esta razón Cuando el cultivo se haya establecido se iniciara con el 70% de sombra luego del tercer año y a medida que su copa se agranda se cierran los requerimientos de sombrío, y se podrá disminuir de 50-30%. Debido a que el cacao requiere un adecuado manejo de sombra

para su óptima productividad, cuando los fertilizantes no son viables, es necesario intercalar apropiadamente los árboles seleccionados para mejorar el estado nutricional de las plantas de cacao para evitar la competencia de nutrientes (Isaac, *et al.*, 2007).

**Figura 10.** Dosis de sombra del tangare (*Carapa Guianensis* Aubl)



**A: Oclusión del 90%** de sombra



**B: Oclusión del 83%** de sombra

El árbol maderable de tangare (*Carapa Guianensis* Aubl) es una presente en bosques primarios, secundarios e intervenidos; la madera tiene un uso variado por su versatilidad haciéndola un prospecto importante para la industria maderera y construcción, entre otros usos está el proteger las fuentes de agua debido a su sistema radicular profundo, es tolerante o semi tolerante a la luz comportándose como heliófita (COMARFORS, s.f.). Presenta unas propiedades físicas de la madera se clasifica bajo cuatro condiciones de humedad que son verde, seca al aire, anhidra y básica y para las propiedades mecánicas presenta dos condiciones la primera en estado verde y la segunda entre el 10 y 12% con contenido de humedad (Espinoza *et al.*, 2013); al momento de implementarla se recomienda el 39% de humedad con un ambiente de renegación bajo sombra y con un tratamiento pregerminativo bajo oscuridad, respecto a las condiciones de suelo (MAVDT, 2006).

A pesar que la finca presenta una baja producción por la cantidad de sombra y grado de afectación por *Monilia*, la calidad de su cacao es buena, debido a los procesos de postcosecha

(fermentación y secado). para la fermentación del grano de cacao, se emplearon cajones cuadrados de madera, 90 cm de alto por 1m cuadrado, donde se deja escurrir el cacao por un día, luego se voltea cada dos días esto con el fin de que la masa haga el proceso de fermentación de manera homogénea, en cada volteo se lleva un registro de la temperatura ya que de esto comprenderá cuantos días se tendrá el cacao en los cajones que puede ir de 6 a 8 días , todo esto se hace con el fin de obtener un cacao de calidad ya que en este proceso primero se elimina la pulpa mucilaginosa presente en la almendra y segundo induce a un conjunto de reacciones bioquímicas internas en los cotiledones ayudando a la formación de los precursores del aroma (Gutierrez, 2012). (Compañía Nacional del Chocolate, 2021 & AGROCALIDAD, 2012)

### **Captura de carbono aéreo en el arreglo agroforestal tangare (*C. guianensis* Aulb) y cacao (*T. cacao* L.).**

El sistema agroforestal fue establecido hace 13 años, el cultivo de cacao con 750 árboles presenta una acumulación de carbono de 134 Mg/ha y el tangare con 350 árboles presenta 93.03 Mg/ha, para un total de carbono almacenado de 227.03 Mg/ha. Valores similares a los reportados por el IPCC (2006) con una acumulación de 141 Mg/ha, en su estudio de almacenamiento de carbono en biomasa en el cacao.

Por el contrario, Patiño, *et al.*, (2018), encontraron cantidades menores en su estudio, cerca de 85 Mg/ha en biomasa en sistemas agroforestales (SAF) de cacao con sombrero permanente de 175 árboles maderables y 622 árboles de cacao de 15 - 10 años, por esta razón (Andrade et al 2014); enfatizan en la importancia del tipo de asociación en la fijación de carbono y la cantidad de especies sembradas para obtener una mayor concentración y captura en el sistema. Esta estimación confirma la importancia de los SAF como alternativa de mitigación ante el cambio climático (Segura y Andrade, 2008; Segura y Andrade, 2012; Andrade, et al., 2016).

Marín, *et al.*, (2016) investigaron y reportaron entre 72,5 y 122 Mg/ha de biomasa en sistemas que incluyeron arboles maderables y frutales. Estos resultados son similares a los reportados por

Pocomucha & Alegre (2013), de 163 Mg/ha donde determinaron que para tener un buen potencial de carbono almacenado es importante la edad del sistema agroforestal y la cantidad de árboles implementados ya que de estas variables dependerá su óptimo desarrollo.

Según Vega y Zabala (2021), en su estudio del SAF con cacao entre 8-16 años se obtuvo una captura de carbono total de 178.61 Mg/ha, y para los mayores de 16 años un 344.24 Mg/ha. De acuerdo a lo mencionado por Alegre *et al.* (2002), Lapeyre *et al.* (2004), Norberto (2006), Herrera (2010) y Bringas (2010), atribuyen una alta acumulación en sistemas de mayor edad y crecimiento del fuste influenciados también por las condiciones edafoclimáticas, características fisiológicas, las especies, zonas de vida y la densidad de plantas entre otros.

La implementación de SAF de cacao en asocio con maderables, permite un micro hábitat que contribuye a la conservación de biodiversidad tanto de fauna edáfica como diversas aves y mamíferos, funciona como un sumidero de carbono, siendo un punto indispensable, en lo propuesto en el protocolo de Kioto en el convenio de Berlín, como medida de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, empleando mecanismos de pago por servicios ambientales. En la actualidad los pagos por servicios ambientales a nivel nacional se tramitan mediante el MADS (ministerio de ambiente y desarrollo sostenible); para el caso del departamento de Nariño, se trabaja mediante la Corporación Autónoma Regional CORPONARIÑO; En Tumaco, bajo un proyecto en el Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera sobre Reactivación Económica Sostenible y Ambiental (RESA), en ecosistemas estratégicos como estrategia de preservación y restauración pasiva en la zona, que busca recuperar el deterioro y pérdida de cobertura vegetal (CORPONARIÑO, 2022).

Un estudio realizado en Huanuco sobre el análisis socioeconómico y carbono almacenado en SAF de cacao en asocio con guaba (*Inga edulis* L.), bolaina (*Guazuma crinita* C. Martius), capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook F. Ex), se presentaron capturas entre 71,93 Mg/ha y 216,31 Mg/ha (Alegre 2001 y Muty 2013). La fijación y almacenamiento de carbono varía en cacaotales cuando se incrementa la asociación con maderables, la densidad poblacional y el uso de suelo (Somarriba y Harvey, 2003 y Concha, 2007); por lo que se puede concluir que la

implementacion de SAF de cacao en asociacion con maderables beneficia a los productores a mediano y a largo plazo, mediano con la produccion de cacao y largo con la madera y servicios ecosistemicos como la captura de carbono.

## 5. CONCLUSIONES

- El potencial para establecer plantaciones de cacao está influenciado por factores climáticos, productivos y económicos permitiendo la competencia a nivel mundial con buenas tasas de rentabilidad si se obtiene un buen rendimiento de grano de cacao, también se presentaron buenos rangos en cuanto a índice de mazorca, por otra parte, el estado fitosanitario tuvo un comportamiento negativo, como consecuencia de no realizar un buen manejo,
- El dosel de sombra en asocio con el cultivo de cacao provee beneficios para mejorar la calidad y productividad del sistema, sin embargo, el exceso de sombra no permite la producción adecuada, por lo que es indispensable un plan de manejo de finca que permita el manejo a través del tiempo del de las copas de los árboles de tangaré, como también su raleo y aprovechamiento.
- Los sistemas agroforestales cacaoteros en asocio con maderables como el tangare, brindan servicios ambientales como el microclima, control de arvenses, madera, leña, captura de carbono, entre otros, lo que permite una mayor rentabilidad económica al cacaocultor, además, de ser una alternativa de mitigación ante el cambio climático.

## 6. RECOMENDACIONES

- Hacer selección de los mejores clones o material genético a establecer ya que de esto también se determinará un buen índice de mazorca, es importante implementar las buenas prácticas agrícolas para obtener un buen desarrollo y manejo del sistema
- Un plan de finca donde se realice un buen cuidado del cultivo que incluye, una buena asociación para el uso del suelo, el control de plagas en un sentido amplio, y principalmente un buen manejo de sombra del sistema desde el punto de vista de los beneficios por obtener.
- Continuar con la implementación de saf de cacao y especies maderables haciendo buen uso del suelo teniendo en cuenta las distancias de siembra debido a que a mayor número de árboles mayor captura de carbono para esto también se puede implementar un buen plan de finca.

## BIBLIOGRAFÍA

- Compañía Nacional del Chocolate. (2021). *MODELO PRODUCTIVO PARA EL CULTIVO DE CACAO (Theobroma cacao L.) SISTEMAS AGROFORESTALES SOSTENIBLES*. Medellín. Obtenido de [https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/08/PDF-WEB-FOLLETO-SISTEMAS-AGROFORESTALES-1\\_compressed.pdf](https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/08/PDF-WEB-FOLLETO-SISTEMAS-AGROFORESTALES-1_compressed.pdf)
- IICA. (2015). *PROTOCOLOS PARA FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DEL BIO-INSUMO: TRICHODERMA SPP. PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE ENFERMEDADES*. Paraguay: IICA - Editora Ricor Gafic S.A. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repiica.iica.int/docs/B3933e/B3933e.pdf>
- AGROCALIDAD. (2012). *GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA CACAO RESOLUCIÓN TÉCNICA N° 0183 emitida el 20 de septiembre del 2012*. Obtenido de <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/guia3.pdf>
- Aguilar, L., & Sampson, A. (2016). Colección de esquinas técnicas para la mejora productiva del cacao Agosto 2016. *VECO Mesoamérica*. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/141216\\_esquinas\\_tecnicas\\_de\\_cacao.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/141216_esquinas_tecnicas_de_cacao.pdf)
- Alcaldía Municipal de Tumaco. (2008 - 2019). Plan de Ordenamiento Territorial Tumaco Nariño 2008 - 2019. 196. Obtenido de [https://sanandresdetumaconarino.micolombiadigital.gov.co/sites/sanandresdetumaconarino/content/files/000022/1088\\_pot\\_2008\\_2019.pdf](https://sanandresdetumaconarino.micolombiadigital.gov.co/sites/sanandresdetumaconarino/content/files/000022/1088_pot_2008_2019.pdf)

- Alegre, J., Arevalo, L., & Ricse, R. (2002). Reservas de carbono con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia Peruana. *Virtual centre*. Obtenido de <http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia2/vbconfe7.htm>
- Andrade, H., Figueroa, J., & Silva, D. (2013). ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN CACAOTALES (*Theobroma cacao*) EN ARMERO-GUAYABAL (TOLIMA, COLOMBIA). *Scientia Agroalimentaria*, 1, 1 - 6. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1318/1/RIUT-LI-spa-2013-Almacenamiento%20de%20carbono%20en%20cacaotales%20%28Theobroma%20cacao%29%20en%20Armero-Guayabal%20%28Tolima%2c%20Colombia%29.pdf>
- Andrade, H., Segura, M., & Rojas, A. (2016). CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN BOSQUES RIPARIOS, ARROZALES Y PASTURAS EN PIEDRAS, TOLIMA, COLOMBIA. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 27(2), 233 - 241. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/437/43745945002.pdf>
- Ayestas, E. (2009). *Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de Theobroma cacao L. en Waslala RAAN, Nicaragua 2009*. Nicaragua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Bringas, P. (2010). Estimación del carbono almacenado en un sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao L.*) comparado con un bosque secundario de tres edades. *Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo*, 149. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1318/1/RIUT-LI-spa-2013-Almacenamiento%20de%20carbono%20en%20cacaotales%20%28Theobroma%20cacao%29%20en%20Armero-Guayabal%20%28Tolima%2c%20Colombia%29.pdf>

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/119/AGR-565.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Caicedo, R. (2021). EFECTOS DE LOS FACTORES SOCIOECONÓMICOS, AMBIENTALES Y LA INNOVACIÓN EN LA SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO DE CACAO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO - NARIÑO. *Revista LUMINA* , 28. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://ridum.umanizales.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12746/4780/1/Articulo%20cientifico%20evaluacion%20sostenibilidad%20cacao\_Sustentaci%C3%B3n.pdf

CATIE. (2021). Guía para el manejo integrado de enfermedades en el cultivo de cacao. *Serie técnica Manual técnico no. 146*, 36. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/10918/Proyecto\_Chocolate4all\_Gu%C3%ADa\_para\_el\_manejo\_integrado\_de\_enfermedades\_en\_el\_cultivo\_de\_cacao.pdf?sequence=1

CENICAFE, C. N. (2015). *Instrumentos para estimar el porcentaje de sombra en el cafetal* . Manizales .

COMARFORS. (n,t). TANGARE: Manual de descripción general de especies de bosques secundarios. 8. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://comafors.org/wp-content/uploads/2010/05/tangare.pdf

Compañía Nacional de Chocolate . (2014). GUIA PARA EL CULTIVO DE CACAO . Obtenido de <https://issuu.com/pnudcol/docs/cartilla-final/31>

Compañía Nacional de Chocolate . (2021). *MODELO PRODUCTIVO PARA EL CULTIVO DE CACAO (Theobroma cacao L.) SISTEMAS AGROFORESTALES SOSTENIBLES*. *Compañía Nacional de Chocolate S.A.*

Compañía Nacional de Chocolate. (2019). *LA MONILIASIS DEL CACAO: DAÑOS, SÍNTOMAS, EPIDEMIOLOGÍA Y MANEJO*. *FEDECACAO*, 28. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2020/09/Cartilla-Monilia-CNCH-2019.pdf

Compañía Nacional del Chocolate. (2021). *BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN EL CULTIVO, BENEFICIO Y COMERCIALIZACIÓN DE CACAO (Theobroma cacao L.)*. Medellín. Obtenido de <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2020/06/buenas-practicas-agricolas.pdf>

CORPONARIÑO. (2022). *COLOMBIA PAGOS POR SERVICIOS AMBIENTALES (PAS) - CONPES 4021*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.apccolombia.gov.co/sites/default/files/proyectos/108.pdf

Cubillos, G., Restrepo, T., & Hincapie, O. (2019). *LA MONILIASIS DEL CACAO: DAÑOS, SÍNTOMAS, EPIDEMIOLOGÍA*. Medellín, Colombia . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.agrosavia.co/media/11540/69317.pdf

Espinoza, M., Guevara, C., & Santiago, P. (2013). *Manual de transformación de madera*. AIDER-Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.itto.int/files/itto\_project\_db\_

- input/2929/Technical/Technical%20report%20-%20Manual%20de%20transformacion%20de%20la%20madera.pdf
- FAO, O. d. (2022). *Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS)*. Obtenido de file:///E:/TESIS%20UDENAR/FAO%202022.html
- fedecacao. (2014). *Produccion nacional registrda de cacao en grano por departamentos. nariño*. Obtenido de <http://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/2015-02-12-17-20-59/nacionales>.
- FEDECACAO. (2018). *Guía práctica para mejorar el sistema productivo de cacao. Proyecto de Fortalecimiento a la Cadena Regional de Cacao en Tumaco*. Obtenido de <https://pdtnarino.org/wp-content/uploads/2021/08/Cartilla-Cacao-Guia-practica-para-mejorar-SP-Tradicional-de-cacao..pdf>
- FEDECACAO, F. N. (2020). *El cultivo de cacao y su contribucion al medio ambiente*. Obtenido de <http://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/2015-04-23-20-00-33/1109-el-cultivo-del-cacao-y-su-contribucion-al-medio-ambiente>.
- Gutierrez, M. (2012). Efecto de la frecuencia de remoción y tiempo de fermentación en cajón cuadrado sobre la temperatura y el índice de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6104327>
- Herrera, A. (2010). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN-51 de diferentes edades en la provincia de Leoncio Prado. *Tesis para optar a Ingeniero Agronomo*, 109. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/123/AGR-569.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Holdridge, L. (1982). Ecología basada en zonas de vida. En L. Holdridge, *INSTITUTO ÍNTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA*. Obtenido de <http://www.cct.or.cr/contenido/wp-content/uploads/2017/11/Ecologia-Basada-en-Zonas-de-Vida-Libro-IV.pdf>
- ICA. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) Medidas para la temporada invernal. *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Instituto colombiano agropecuario*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ica.gov.co/getattachment/c01fa43b-cf48-497a-aa7f-51e6da3f7e96/->
- IPCC, I. p. (2006). Captura de carbono en biomasa de sistemas de uso del suelo, municipio de Yopal, Casanare, Colombia. *IGES, Japan*. doi:<http://doi.org/10.22579/20112629.587>
- Isaac, M., Timmer, V., & Quashie-Sam, S. (2007). Shade tree effects in an 8-year-old cocoa agroforestry system: biomass and nutrient diagnosis of *Theobroma cacao* by vector analysis. *Nutr Cycl Agroecosyst*, 155 - 165. doi:<https://doi.org/10.1007/s10705-006-9081-3>
- Jaimez, R., Tezara, W., Coronel, I., & Urich, R. (2008). Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. *Revista Forestal venezolana*, 6. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6089/A7723e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lapeyre, T., Alegre, J., & Arevalo, L. (2004). Determinación de las Reservas de Carbono de la Biomasa Aérea, en Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en San Martín, Perú. *Ecologia Aplicada*, 3(1 - 2), 10. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6089/A7723e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v3n1-2/a06v3n1-2.pdf

Lopez M, S. A., J, L., & J, N. (2021). Estudio morfoagronómico de materiales de cacao (*Theobroma cacao* L.). *ciencia y agricultura*, 109. doi:<https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n3.2021.12570>

López, Sol-Sánchez, V., Á., C., & L., F. G. (2016). Efecto de la poda en plantaciones de cacao en el estado de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 14:2807-2815. doi:[doi.org/10.29312/remexca.v0i14.452](https://doi.org/10.29312/remexca.v0i14.452)

MADR; FEDECACAO. (2021). *CADENA DE CACAO: Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales Marzo 2021*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf](https://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf)

Marín, M., Andrade, H., & Sandoval, A. (2016). Fijación de carbono atmosférico en la biomasa total de sistemas de producción de cacao en el departamento del tolima, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 134. Obtenido de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/89/59>

MAVDT. (2006). *DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE CONSERVACIÓN EX-SITU PARA TRES GRUPOS DE ESPECIES DE FLORA SILVESTRE NATIVA DE LA JURISDICCIÓN DE CORANTIOQUIA AMENAZADAS EN EL TERRITORIO NACIONAL*. Medellín . Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/fiora/AIRNR\\_CN\\_6760\\_2005.pdf](https://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/fiora/AIRNR_CN_6760_2005.pdf)

MINAGRICULTURA, M. d. (2018). *CADENA DE CACAO: INDICADORES E INSTRUMENTOS*. Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/>

Norberto, C. (2006). Metodologías para el Análisis Costo-Beneficio de usos del Suelo y Fijación de Carbono en Sistemas Forestales para el Mecanismo de Desarrollo Limpio. *Proyecto Forestal de Desarrollo*, 20. Obtenido de <https://docplayer.es/38020398-Metodologias-para-el-analisis-costo-beneficio-de-usos-del-suelo-y-fijacion-de-carbono-en-sistemas-forestales-para-el-mecanismo-de-desarrollo-limpio.html>

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2016). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas de proceso y empaque de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Unidad de Comunicación Institucional y Relaciones Públicas*, 80. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.oirsa.org/contenido/biblioteca/Manual%20de%20buenas%20pr%C3%A1cticas%20agr%C3%ADcolas%20de%20proceso%20y%20empaque%20de%20cacao%20\(Theobroma%20cacao\).pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.oirsa.org/contenido/biblioteca/Manual%20de%20buenas%20pr%C3%A1cticas%20agr%C3%ADcolas%20de%20proceso%20y%20empaque%20de%20cacao%20(Theobroma%20cacao).pdf)

Patiño S, Suárez LN, Andrade-Castañeda HJ, & MA., S.-M. (2018). Captura de carbono en biomasa en plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Armero-Guayabal, Tolima, Colombia. *Rev Investig Agrar Ambient*, 2018, 9(2), 121-133.

Perea, A., Martínez, N., Aránzazu, F., & Cadena, T. (2013). Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña santandereana, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* . Obtenido de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1284/1620>

PROCOLOMBIA . (2020). *Cacao en Colombia, un producto reconocido a nivel mundial*. Obtenido de PROCOLOMBIA: <https://www.colombiatrade.com.co/noticias/cacao-en-colombia-un-producto-reconocido-nivel-mundial>

PROEXPORTCOLOMBIA. (2012). *Cacao colombiano fino y de aroma*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://gestionparticipativa.pe.iica.int/getattachment/8010f039-fabc-465d-8c48-5a914c3da9da/Cacao-Colombiano-fino-y-de-aroma.aspx

Quiroz, J. (2010). Sistemas de sombra de cacao con maderables. Boletín técnico No. 151. Instituto de Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2060/1/iniaplsbt151.pdf

Segura, M., & Andrade, H. (2008). ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes? . *Agrofor Am*, 90-100. Obtenido de [www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/segura2008a.pdf](http://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/segura2008a.pdf)

Segura, M., & Andrade, H. (2008). *¿Como estimar rapidamente el carbono almacenado en la biomasa aérea de los sistemas agroforestales indigenas de Talamanca, Costa Rica?*

Segura, M., & Andrade, H. (2012). Huella de Carbono en cadenas productivas de cafe (*Coffea arabica* L.) con diferentes estandares de certificacion en Costa Rica. *Luna Azul*, 18. Obtenido de [www.scielo.org.co/pdf/luaz/n35/n35a05.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n35/n35a05.pdf)

Somarriba, E. (2002). Estimacion visual de la sombra en cacaotales y cafetales. *Rev Agroforesteria en las Américas, Costa Rica* , 22.

Somarriba, E; Harvey, C. (2003). Como integrar simultaneámente producción sostenible y conservación de la biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? Agroforestería en las Américas. *Agroforesteria en las Americas*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/284394352\\_Como\\_integrar\\_produccion\\_sostenible\\_y\\_conservacion\\_de\\_biodiversidad\\_en\\_cacaotales\\_organicos\\_indigenas](https://www.researchgate.net/publication/284394352_Como_integrar_produccion_sostenible_y_conservacion_de_biodiversidad_en_cacaotales_organicos_indigenas)

- Sterling A., H. M., Rodríguez, C., Salas, Y., Nieto, M., Caicedo, D., & . (2015). Reacción a *Moniliophthora roreri* en *Theobroma* spp. en Caquetá, Colombia. *SciELO*. doi:<https://doi.org/10.1590/0100-5405/2026>
- Suarez, J., & Hernandez, F. (2010). MANEJO DE LAS ENFERMEDADES DEL CACAO (*Theobroma cacao* L) EN COLOMBIA, CON ÉNFASIS EN MONILIA (*Moniliophthora roreri*). *CORPOICA*, 90. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/[https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12699/81628\\_56560.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12699/81628_56560.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- sukha et al. (2002). *A holistic approach to cocoa (Theobroma cacao L.) quality assessment*. Obtenido de Annual Report of Cocoa Research Unit. The University of the West Indies, St Augustine, TT.
- Valverde, J., & Arizala, L. (2016). *EVALUACION DE LA ASOCIACIÓN AGROFORESTAL CAOBA (Swetenia Macrophylla King) Y CACAO (Theobroma cacao L.), IMPLEMENTADOS EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO*. Pasto , Nariño, Colombia . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://sired.udenar.edu.co/3859/1/EVALUACION%20DE%20LA%20ASOCIACION%20AGROFORESTAL%20CAOBA%20%28Swetenia%20Macrophylla%20King%29%20Y%20CACAO%20%28Theobroma%20cac.pdf>
- Vega, L., & Zabala, J. (2021). *CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN DISTINTAS EDADES DEL CULTIVO DE CACAO BAJO SISTEMAS AGROFORESTALES DE TINGO MARÍA*. Peru: Biblioteca Nacional del Perú N° 2021-10487. Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.unheval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2021/10/Zavala-Vega.-2021.pdf