SISTEMAS AGROFORESTALES PARA LA RESTAURACIÓN PRODUCTIVA PARTICIPATIVA

EN LA AMAZONIA COLOMBIANA



SEMBRATÓN Amazonia

Instituto amazónico de investigaciones científicas SINCHI

El ambiente es de todos | Minambiente



Barrera, Jaime Alberto; Giraldo Benavides, Bernardo; Castro, Sandra; García, Lorena & Daza, Marfi.

Sistemas agroforestales para la restauración productiva participativa en la Amazonia colombiana / Jaime Alberto Barrera García, Bernardo Giraldo Benavides, Sandra Castro, Lorena García & Marfi Daza. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, 2021

1. SISTEMAS AGROFORESTALES 2. ECONOMÍA AMBIENTAL 3. PRODUCTOS FORESTALES 4. AMAZONIA COLOMBIANA

ISBN: 978-958-5427-31-0

© Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Segunda edición: Diciembre de 2021
Coordinación de la producción editorial:
Diana Patricia Mora Rodríguez
Diseño, diagramación e impresión:
Imagen Editorial S.A.S.

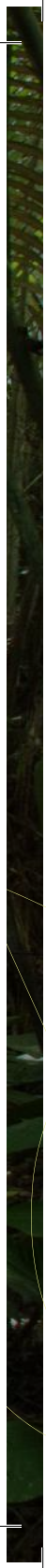
Reservados todos los Derechos

Instituto Sinchi, Calle 20 No. 5-44, Tel.: 4442084

Disponible en:
www.sinchi.org.co

Impreso en Colombia
Printed in Colombia





PRESENTACIÓN

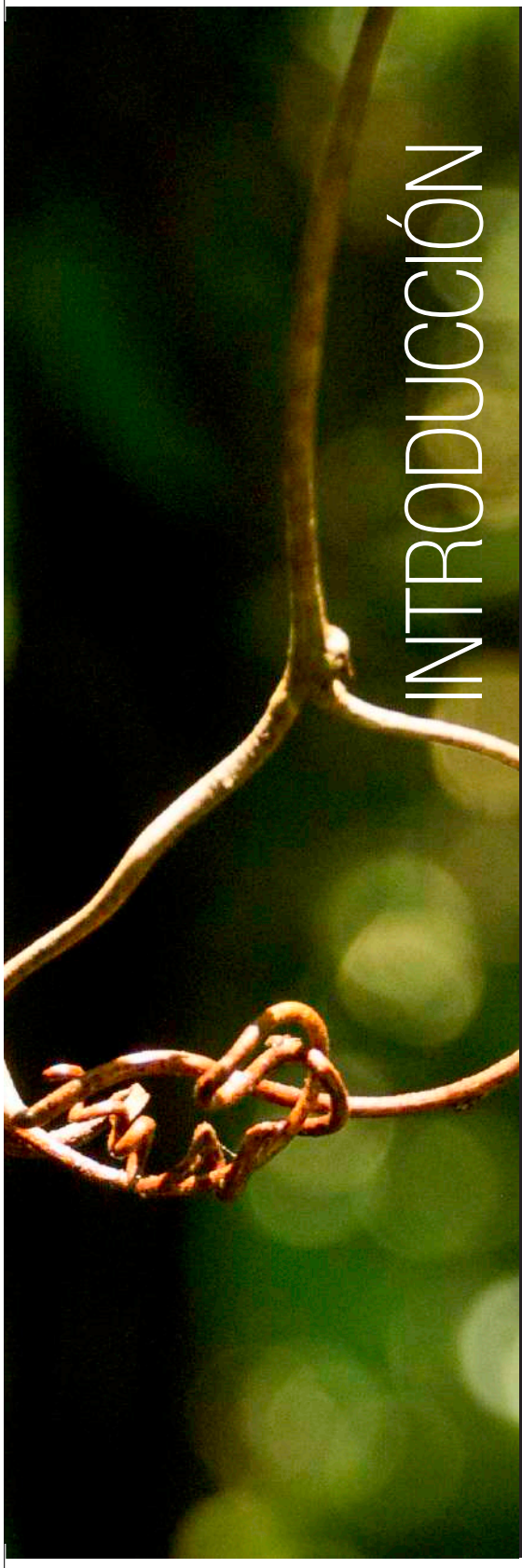
La extensa Amazonia colombiana ha recibido muchos impactos negativos por el mal uso de la tierra, impactos que han permitido despertar el interés por otras técnicas o formas de uso. Hoy se sabe o al menos se acepta que para la Amazonia no es apropiado un desarrollo sin bosque, se puede y debe introducirse actividades agrícolas y reconvertir las pecuarias, pero con el concurso del recurso bosque. Una deforestación en grandes áreas no es productiva ni mucho menos viable ecológicamente. Por esta razón, en los últimos años, se han acentuado esfuerzos en la búsqueda de tecnologías sostenibles, que permitan recuperar y mantener el potencial productivo de las áreas degradadas y diversificar la gama de productos, con el fin de permitir mayor competitividad.

En este aspecto, es donde se ha destacado la agroforestería como alternativa sostenible para los procesos productivos del sector agropecuario, con la implementación de sistemas agroforestales (SAF) que presentan ventajas de disminución de la degradación del suelo, el mejoramiento de la fertilidad del suelo con incremento en la materia orgánica y aporte de nitrógeno, control de condiciones medioambientales adversas (vientos, excesiva temperatura, evaporación del recurso hídrico, etc.), sombra y alimento para animales y disponibilidad de productos comercializables (Navia, 2000). Es por esta razón que se ha postulado que la agroforestería responde en parte a los problemas a la solución de la deforestación y degradación de los ecosistemas y a la sostenibilidad de los sistemas de producción.

Teniendo en cuenta lo anterior; las instituciones han empezado a promover los sistemas agroforestales (SAF) como una de las alternativas más viables basada en conocimientos tecnológicos apropiados y sostenibles ecológica, social y económicamente. Por tanto el Instituto SINCHI desarrolló 17 fichas agroforestales con el objetivo de diversificar y mejorar la producción agrícola y forestal y generar excedentes económicos en corto, mediano y largo plazo, además de incrementar la proporción de árboles valiosos en un bosque degradado y/o convertir un bosque natural degradado en una plantación excelente en la madurez, cuando los árboles plantados formen un dosel homogéneo.

Luz Marina Mantilla Cárdenas
Directora General





INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales, son formas de uso y manejo de los recursos en los cuales, especies leñosas (árboles y arbustos), son utilizadas en asociación con cultivos agrícolas, de manera simultánea o en una secuencia temporal.

Los sistemas agroforestales son una forma de uso de la tierra en donde leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando el principio de sostenibilidad.

Se clasifican de diferentes formas según el tipo de combinaciones entre los componentes, los productos que se puedan obtener y los objetivos de la producción. Los más utilizados son los silvopastoriles (combinación de pastos árboles y animales) y los agroforestales (combinación de árboles y cultivos).VENTAJAS

- Aumento de la productividad
- Contribución al mejoramiento del suelo, facilitando la infiltración y drenaje
- Mejoramiento de la estructura de suelo mediante aporte de biomasa y fijación de nutrientes
- Conservan la humedad de los suelos y reduce la evaporación
- Aumento de las fuentes de ingresos
- Mayor diversidad de cultivos
- Disminución de plagas y enfermedades

De las 17 fichas que se presentan a continuación, 9 son para sistemas de enriquecimiento del bosque, 7 son sistemas agroforestales y 1 es un arreglo silvopastoril.

Con esto, el Instituto SINCHI sistematiza más de 25 años de trabajo en la Estación Experimental El Trueno,

ubicada en el municipio de El Retorno, Guaviare y en fincas de productores del departamento y más recientemente las experiencias probadas en Caquetá en las cuales se ha involucrado el caucho por su importancia para dicho departamento.

Se espera que los pobladores, los tomadores de decisiones y las autoridades ambientales hagan uso de esta información cuyo fin principal es lograr que el bosque amazónico se mantenga y se aproveche de manera sostenible ofreciendo alternativas rentables a las personas.



ÍNDICE

PÁGINA

Modelo agroforestal 1: Abarco, roble, cedro macho y copoazú 5
Modelo agroforestal 2: Abarco, amarillo, roble y copoazú 19
Modelo agroforestal 3: Caucho, copoazú, plátano y maderables (abarco, achapo, macano, ahumado y laurel). 33
Modelo agroforestal 4: Cacao, plátano y maderables (abarco, achapo, macano, roble y cedro macho) 49
Modelo agroforestal 5: Copoazú, plátano y maderables (abarco, achapo, macano, ahumado y laurel). 63
Modelo agroforestal 6:: Caucho, cacao, y plátano 77
Modelo de enriquecimiento 1: Abarco, milpo, cachicamo y cuyubí 91
Modelo de enriquecimiento 2: Abarco, achapo, amarillo y cuyubí 105
Modelo de enriquecimiento 3: Abarco, achapo, amarillo y cachicamo 119
Modelo de enriquecimiento 4: Abarco, milpo, algarrobo y cuyubí 133
Modelo de enriquecimiento 5: Abarco, cachicamo, milpo y algarrobo 147
Modelo de enriquecimiento 6: Abarco, achapo, milpo y cachicamo 161
Modelo de enriquecimiento 7: Abarco, cachicamo, algarrobo y cuyubí 175
Modelo de enriquecimiento 8: Abarco, achapo, brasil y cuyubí 189
Modelo de enriquecimiento 9: Abarco, ahumado, macano, roble y cedro macho 203
Modelo de enriquecimiento 10: Achapo, cabo de hacha, bálsamo y brasil 217
Modelo silvopartoril 1: Achapo, macano y amarillo. 231

Modelo Agroforestal 1:

Abarco | Roble | Cedro macho | Copoazú



SISTEMA AGROFORESTAL

OBJETIVO

Promover la utilización y aprovechamiento sostenible de las coberturas boscosas de las unidades productivas, de manera que faciliten la generación de ingresos y el mejoramiento de las condiciones ambientales, mediante la implementación de sistemas agroforestales.

ANTECEDENTES

En el desarrollo de la investigación agroforestal, el Instituto SINCHI analizó en una primera fase los arreglos más sencillos establecidos en la Inspección de Cerritos en el año de 1995, en los que sobre una matriz de dos frutales amazónicos, se asoció un grupo de especies maderables para madera fina. En la segunda fase de análisis, se evaluaron fincas de productores de la Inspección de Cerritos en el año de 1997, en estas se amplió el número de especies frutales y de especies forestales, manteniendo la densidad del arreglo de 8 metros por 4 metros. En la tercera fase del análisis, se evaluaron los resultados recogidos de 6 fincas de productores del Núcleo veredal La Tabla; estos arreglos fueron establecidos en el año de 1999 y en ellos se amplió aún más el número de especies forestales y frutales.

El Instituto SINCHI en su Estación Experimental y en fincas de productores ha implementado y evaluado la sobrevivencia, el crecimiento, el rendimiento y las técnicas silviculturales apropiadas de especies productoras de maderas finas con periodos cortos y largos de aprovechamiento las cuales se asocian en un sistema agroforestal. Las especies son: abarco *(Cariniana pyriformis)*, achapo *(Cedrelinga cateniformis)*, brasil *(Aspidosperma verruculosum)* cabodeacha *(Aspidosperma spruceanum),* cachicamo *(Calophyllum brasiliense)*, caruto *(Genipa americana),* cuyubí *(Minquartia guianensis)*, granadillo *(Terminalia sp.)*, guacamayo *(Apuleia moralis)*, macano *(Terminalia amazonia)*, milpo *(Erisma uncinatum)*, palo de arco *(Tabebuia serratifolia)*.

(Fuente. Sinchi 2021).



VIABILIDAD

Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada.
- Conserva la biodiversidad.
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal.
- Optimiza el uso de los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios.
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El modelo agroforestal, propuesto para fincas de agricultores, se establece en una matriz de cultivos de "pancoger" (plátano, yuca, maíz), siguiendo los métodos desarrollados por los productores. Sobre el pancoger se establece otra matriz donde se asocia una especie frutal, finalmente a este arreglo (pancoger-frutal) se le asocian las especies maderables.

Para la implementación de este modelo las especies maderables se establecen de acuerdo con su comportamiento en cuanto a crecimiento y desarrollo; es decir el orden de establecimiento va de la especie que presenta mayor tasa de crecimiento en altura, diámetro y cantidad de follaje, hasta la que presenta menor tasa; esto con el fin de proporcionar un crecimiento óptimo de las especies sin generar competencia por luz y nutrientes. En este modelo se establece como especie frutal el copoazú *(Theobroma grandiflorum)*, en asocio con tres especies maderables; el abarco *(Cariniana pyriformis)*, como especie principal, roble *(Tabebuia rosea)* y cedro macho *(Pachira quinata).*

El modelo consiste en el establecimiento de surcos sencillos de frutales (copoazú), intercalados entre las líneas de maderables, a una distancia de siembra de 10 metros entre líneas y 4 metros entre plantas. Se establecen los maderables a distancias de 10 metros entre surcos y 8 metros entre árboles (ver diagrama). Del frutal se establecen 250 individuos/ha; de la especie principal se establece un bloque con 4 fajas de árboles (52 individuos/ha), y para las especies asociadas se establece un bloque con 3 fajas de árboles por especie (39 individuos/ha).

En el modelo agroforestal se obtienen las producciones de pancoger entre los años 1 a 3, el copoazú ingresa al sistema productivo en el año 4 y los maderables seleccionados son aprovechados a partir del año 20.

ESPECIES MADERABLES

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería.

(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012)



Plántulas



Árbol



Frutos y semillas

La madera de roble

Es de peso mediano, fácil de aserrar y de trabajar con máquina. Tiene un excelente y atractivo acabado. La madera se emplea en la elaboración de instrumentos musicales, muebles y gabinetes, postes, decoración de interiores, remos, chapa para madera terciada, culatas para armas de fuego, construcción rural y ebanistería

(Conafor, 2006; Sinchi, 2012).



Árbol



Frutos y semillas

La madera de cedro macho

Es fácil de aserrar y de trabajar en todas las operaciones de maquinado y labrado, y ofrece un buen acabado. La madera se emplea para la fabricación de muebles, ebanistería, chapas para triplex, cajas livianas, lápices, pulpa, papel y tableros de viruta y de fibra.

(WWF, 2013).



Hoja



Árbol



Flor

ESPECIE FRUTAL



Plántulas



Flor



Árbol



Fruto

El copoazú

Es una especie frutícola tropical, cuya importancia económica radica en su fruto que puede ser aprovechado en su totalidad *(Rojas et al, 1996)*. La pulpa presenta altos contenidos de fósforo, pectina y contenidos medios de calcio y vitamina C. Se utiliza en la elaboración de jugos néctares, mermeladas, compotas, gelatinas y dulces. Del fruto también se aprovecha su semilla, que contiene porcentajes altos de proteína y grasa para la preparación de Chocoazú, un producto con características similares al chocolate.

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aptos para este tipo de sistemas son los francos con una profundidad efectiva de 80 cm, con pendiente leve y que no se encharquen. Esto con el fin de facilitar el desarrollo libre de las raíces para la nutrición y anclaje de las plantas

(Murcia, 2007).

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; ni tampoco con altos contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Condiciones ambientales que las especies de la Amazonia colombiana toleran:

- Precipitación 2.900 mm.
- Temperatura media 22°C.
- Brillo solar promedio anual de 5 a 6 horas luz.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA AGROFORESTAL

Selección y preparación del terreno

Las especies forestales seleccionadas no son exigentes en condiciones de fertilidad natural de los suelos de la zona de superficie de denudación. En estas zonas predominan condiciones bajas de fertilidad natural, con alta saturación de aluminio, suelos ácidos a extremadamente ácidos, drenaje moderado y bajos contenidos de materia orgánica.

- La selección del terreno se realiza por técnicos en compañía del agricultor, verificando el tipo de cobertura boscosa y se utiliza el barreno para conocer las condiciones de profundidad efectiva y composiciones del terreno (se valoran los contenidos de gravilla, capas de recebo o greda).
- Se identifican las condiciones que permiten un buen anclaje y desarrollo de las raíces y un drenaje moderado.
- Se establece profundidades mínimas de 60 cm que no presenten limitantes para la profundización de las raíces.



Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se realiza de acuerdo con la orientación de oriente occidente, considerando las distancias para cada componente y el punto de siembra de los árboles para facilitar el ahoyado.

Limpieza de las fajas: Se deben controlar las arvenses para evitar competencia por espacio luz y nutrientes; regulando las poblaciones de artrópodos que puedan afectar los cultivos.

Ahoyado: se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), aplicar 2 kilos de abono orgánico (bocashi), mezclando homogéneamente con la tierra hasta cubrir las ¾ partes del hoyo, retirar la plántula de la bolsa verificando que no tenga problemas la raíz (cola de marrano), ubicar la plántula en el centro del hoyo y completar con tierra haciendo un poco de presión con las manos tratando de eliminar los espacios de aire en el suelo.









MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para abarco

La primera poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para roble

La primera poda se efectúa a los 30 meses de establecimiento.

Para cedro macho

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

Para copoazú

A los 12 meses se inicia el control de las ramificaciones y chupones para prevenir la manifestación de la enfermedad conocida como “Escoba de bruja”. A los 3 o 4 años, con el inicio de la producción de frutos se deben monitorear las condiciones de temperatura y humedad para controlar la incidencia del hongo denominado “Monilia”.

En el departamento de Guaviare se debe efectuar la poda, en el periodo comprendido entre abril a septiembre, que corresponde al periodo de mayor intensidad de lluvias. Se recomienda ejecutar las labores en la tarde, luego de la puesta del sol.

(Fuente. Sinchi 2004).

DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especies maderables


Abarco


Roble


Cedro macho

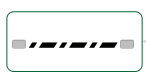
Especie frutal

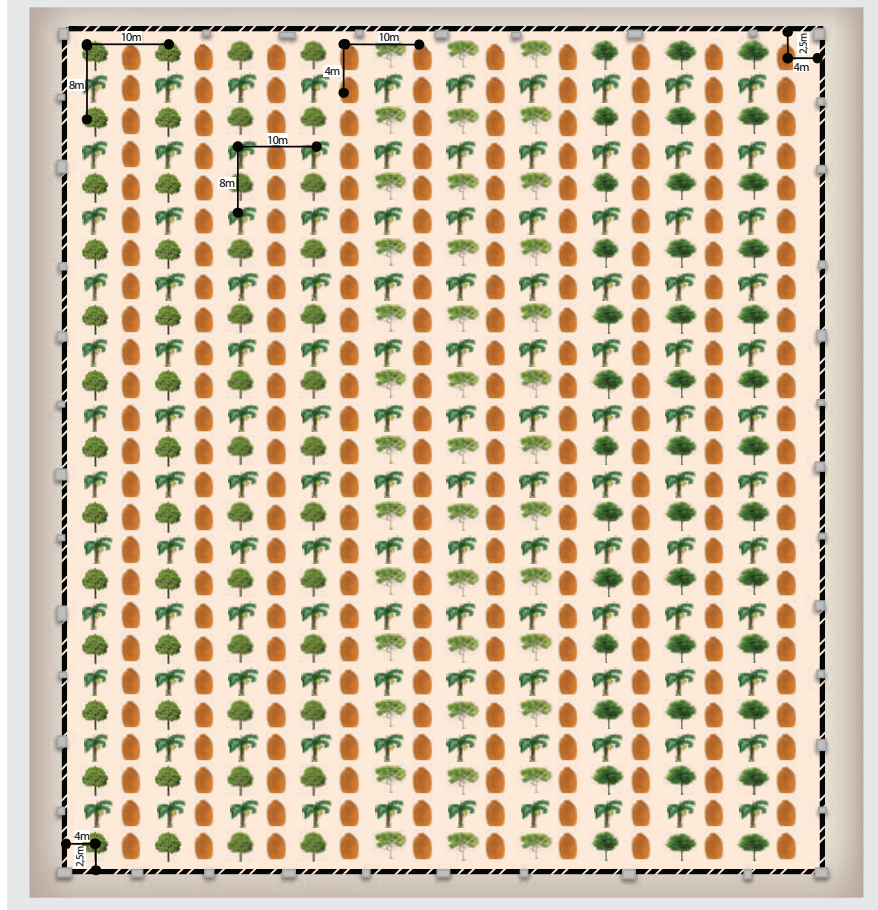

Copoazú

Especie pancoger


Plátano

Cerca inerte





Fuente (Sinchi 2013).

Distancias de siembra

Para los maderables y la matriz de pancoger 10 metros entre fajas por 8 metros entre árboles y/o plantas. Para la especie frutal 10 metros entre surcos y 4 metros entre plantas. En las fajas periféricas la distancia de la cerca de la primer faja es de 4 metros y en los extremos de la faja la distancia es de 2,5 metros.



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

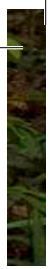
Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	52
Roble	39
Cedro Macho	39
Copoazú	250
TOTAL	380

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	32
Año 1 (Mantenimiento)	37
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	24
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	24

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$ 1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	Kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	380	$ 760,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

* Se establece estos valores previendo que al final del proceso se hace proteccion con cercos y postes para 4 ha.Si se establece una sola hectárea el número para alambre es de 4 rollos y 160 postes.

Fuente (Sinchi 2021).



Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Maderables																					
Frutal (copoazú)																					
Pancoger																					

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera m³)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.71%)	Volumen de madera en el arreglo (m³) por 1 ha.	Valor total (valor m³ de $825.000)*	Costo
Abarco	2,344	52	37	86,54048		
Roble	0,3226	39	28	8,932794		
Cedro Macho	0,4638	39	28	12,842622		
TOTAL		130		108,315896		
Aprovechamiento				año 20 (60%) año 21 (40%)	53.616.368,5 35.744.245,7	8.042.455,3 5.361.636,9
TOTAL					89.360.614,2	13.404.092,1



Costos de producción y beneficios proyectados

Copoazu	
Arboles /ha	250
Produccion por arbol (No frutos)	15
Peso promedio/fruto (kg)	2
Produccion/ha (kg/ha)	7500
Rendimiento de pulpa / kg	22%
Produccion de pulpa por hectárea. (kg / ha)	1650
Rendimiento en grano seco / kg	8%
Produccion grano seco por hectárea (kg / ha)	600
Costo Pulpa / Kg	$ 2.200
Costo grano seco / kg	$ 2.500
Precio de venta de kilogramo de grano seco	$ 3.500
Precio de venta de kilogramo de pulpa	$ 2.000
Ingresos por pulpa / ha	$ 5.775.000
Ingresos por grano / ha	$ 1.200.000
Total Ingresos / ha	$ 6.975.000
Costos obtención de Pulpa / ha	$ 3.630.000
Costos obtención de grano seco / ha	$ 1.500.000
Total costos aprovechamiento / ha	$ 5.130.000

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.404.000	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Sostenimiento	2.590.000	1.680.000	1.680.000	1.680.000	11.760.000	6.720.000	0	0	0	
	producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0	0	
	mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0	
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	0	8.042.455	5.361.637	
	Aprovechamiento Pancoger	300.000	300.000	300.000	300.000	0	0	0	0	0	
	Aprovechamiento Copoazú	0	0	5.130.000	5.130.000	35.910.000	0	0	0	0	
Costos (año)		9.775.200	3.055.200	8.185.200	8.185.200	48.745.200	6.720.000	0	8.042.455	5.361.637	98.070.092
Ingresos	Pancoger	1.000.000	780.000	780.000	780.000	0	0	0	0	0	3.340.000
	Copoazú	0	0	6.975.000	6.975.000	48.825.000	0	0	0	0	62.775.000
	Maderables	0	0	0	0	0	0	0	32.169.821	21.446.547	53.616.368
		1.000.000	780.000	7.755.000	7.755.000	48.825.000	0	0	32.169.821	21.446.547	119.731.368
NETO		-8.775.200	-2.275.200	-430.200	-430.200	79.800	-6.720.000	0	24.127.366	16.084.910	21.661.276



VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Los mayores costos ocurren en el año 1 que es el establecimiento del sistema. En los 4 primeros años se generan costos por mantenimiento, la actividad de producción del pancoger, el copoazú y la aplicación de abonos orgánicos. Entre los años 4 al 11 se generan costos derivados del manejo y aprovechamiento del copoazú. En los 3 primeros años se obtienen ingresos por el pancoger. Entre el año 4 hasta el año 11 se registran ingresos por la venta de pulpas y grano seco de copoazú. A partir del segundo año hasta el año 15 se mantiene los costos de las labores silviculturales de podas de formación. En el año 20 se realiza la primer fase de aprovechamiento del sistema que es del 60%, hasta el año 21 se realiza el aprovechamiento del sistema en su totalidad generando excedentes importantes.

Con estos valores se obtiene:

- Tasa Interna de Retorno: 17%
- Relación Beneficio / Costo: 1.62
- Valor Presente Neto: $ 8.516,91

DTF para cálculos: 8%

Fuente (Sinchi 2021).








Modelo agroforestal 2:

Abarco | Amarillo | Roble | Copoazú



SISTEMA AGROFORESTAL

OBJETIVO

Promover la utilización y aprovechamiento sostenible de las coberturas boscosas de las unidades productivas, de manera que faciliten la generación de ingresos y el mejoramiento de las condiciones ambientales, mediante la implementación de sistemas agroforestales.

ANTECEDENTES

En el desarrollo de la investigación agroforestal, el Instituto SINCHI analizó en una primera fase los arreglos más sencillos establecidos en la Inspección de Cerritos en el año de 1995, en los que sobre una matriz de dos frutales amazónicos, se asoció un grupo de especies maderables para madera fina. En la segunda fase de análisis, se evaluaron fincas de productores de la Inspección de Cerritos en el año de 1997, en estas se amplió el número de especies frutales y de especies forestales, manteniendo la densidad del arreglo de 8 metros por 4 metros. En la tercera fase del análisis, se evaluaron los resultados recogidos de 6 fincas de productores del Núcleo veredal La Tabla; estos arreglos fueron establecidos en el año de 1999 y en ellos se amplió aún más el número de especies forestales y frutales.

El Instituto SINCHI en su Estación Experimental El Trueno y en fincas de productores ha implementado y evaluado la sobrevivencia, el crecimiento, el rendimiento y las técnicas silviculturales apropiadas de especies productoras de maderas finas con periodos cortos y largos de aprovechamiento las cuales se asocian en un sistema agroforestal. Las especies son: abarco *(Cariniana pyriformis)*, achapo *(Cedrelinga cateniformis)*, brasil *(Aspidosperma verruculosum),* cabodeacha *(Aspidosperma spruceanum),* cachicamo *(Calophyllum brasiliense)*, caruto *(Genipa americana)*, cuyubí *(Minquartia guianensis)*, granadillo *(Terminalia* sp.*)*, guacamayo *(Apuleia moralis)*, macano *(Terminalia amazonia)*, milpo *(Erisma uncinatum)*, palo de arco *(Tabebuia serratifolia)*.

(Fuente. Sinchi 2021).

ANTECEDENTES VIABILIDAD



Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada.
- Conserva la biodiversidad.
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal.
- Optimiza el uso de los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El modelo agroforestal, propuesto para fincas de agricultores, se establece en una matriz de cultivos de "pancoger" (plátano, yuca, maíz), siguiendo los métodos desarrollados por los productores. Sobre el pancoger se establece otra matriz donde se asocia una especie frutal, finalmente a este arreglo (pancoger- frutal) se le asocian las especies maderables.

Para la implementación de este modelo las especies maderables se establecen de acuerdo con su comportamiento en cuanto a crecimiento y desarrollo; es decir el orden de establecimiento va de la especie que presenta mayor tasa de crecimiento en altura, diámetro y cantidad de follaje, hasta la que presenta menor tasa; esto con el fin de proporcionar un crecimiento óptimo de las especies sin generar competencia por luz y nutrientes. En este modelo se establece como especie frutal el copoazú *(Theobroma grandiflorum)*, en asocio con tres especies maderables; el abarco *(Cariniana pyriformis)*, como especie principal, roble *(Tabebuia rosea)* y amarillo *(Centrolobium paraense).*

El modelo consiste en el establecimiento de surcos sencillos de frutales *(copoazú)*, intercalados entre las líneas de maderables, a una distancia de siembra de 10 metros entre líneas y 4 metros entre plantas. Se establecen los maderables a distancias de 10 metros entre surcos y 8 metros entre árboles (ver diagrama). Del frutal se establecen 250 individuos/ha; de la especie principal se establece un bloque con 4 fajas de árboles (52 individuos/ha), y para las especies asociadas se establece un bloque con 3 fajas de árboles por especie (39 individuos/ha).

En el modelo agroforestal se obtienen las producciones de pancoger entre los años 1 a 3, el copoazú ingresa al sistema productivo en el año 4 y los maderables seleccionados son aprovechados a partir del año 20.

ESPECIES MADERABLES

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012).*



Plántulas



Árbol



Frutos y semillas



Árbol



Frutos y semillas

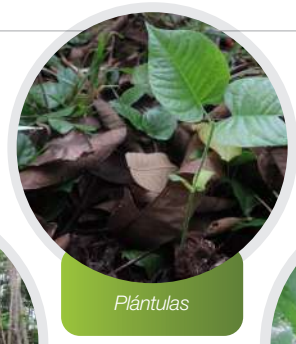
La madera de roble

Es de peso mediano, fácil de aserrar y de trabajar con máquina. Tiene un excelente y atractivo acabado. La madera se emplea en la elaboración de instrumentos musicales, muebles y gabinetes, postes, decoración de interiores, remos, chapa para madera terciada, culatas para armas de fuego, construcción rural y ebanistería *(Conafor, 2006; Sinchi, 2012).*

La madera de amarillo

Se utiliza en la fabricación de carbón pesado. Además es considerada madera fina, muy fácil de trabajar, por lo que tiene muchos usos en carpintería y ebanistería, en la fabricación de muebles, construcciones interiores, enchapados, mangos de herramientas, pisos, entre otros. *(López, et al., 2016).*


Árbol


Plántulas


Hojas


Fruto

ESPECIE FRUTAL

El copoazú


Árbol


Plántulas


Fruto


Flor

Es una especie frutícola tropical, cuya importancia económica radica en su fruto que puede ser aprovechado en su totalidad *(Rojas et al, 1996)*. La pulpa presenta altos contenidos de fósforo, pectina y contenidos medios de calcio y vitamina C. Se utiliza en la elaboración de jugos néctares, mermeladas, compotas, gelatinas y dulces. Del fruto también se aprovecha su semilla, que contiene porcentajes altos de proteína y grasa para la preparación de Chocoazú, un producto con características similares al chocolate.

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aptos para este tipo de sistemas son los francos con una profundidad efectiva de 80 cm, con pendiente leve y que no se encharquen. Esto con el fin de facilitar el desarrollo libre de las raíces para la nutrición y anclaje de las plantas *(Murcia, 2007).*

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; ni tampoco con altos contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Condiciones ambientales que las especies de la Amazonia colombiana toleran:

- Precipitación 2.900 mm.
- Temperatura media 22°C.
- Brillo solar promedio anual de 5 a 6 horas luz.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA AGROFORESTAL

Selección y preparación del terreno

Las especies forestales seleccionadas no son exigentes en condiciones de fertilidad natural de los suelos de la zona de superficie de denudación. En estas zonas predominan condiciones bajas de fertilidad natural, con alta saturación de aluminio, suelos ácidos a extremadamente ácidos, drenaje moderado y bajos contenidos de materia orgánica.

- La selección del terreno se realiza por técnicos en compañía del agricultor, verificando el tipo de cobertura boscosa y se utiliza el barreno para conocer las condiciones de profundidad efectiva y composiciones del terreno (se valoran los contenidos de gravilla, capas de recebo o greda).
- Se identifican las condiciones que permiten un buen anclaje y desarrollo de las raíces y un drenaje moderado.
- Se establece profundidades mínimas de 60 cm que no presenten limitantes para la profundización de las raíces.

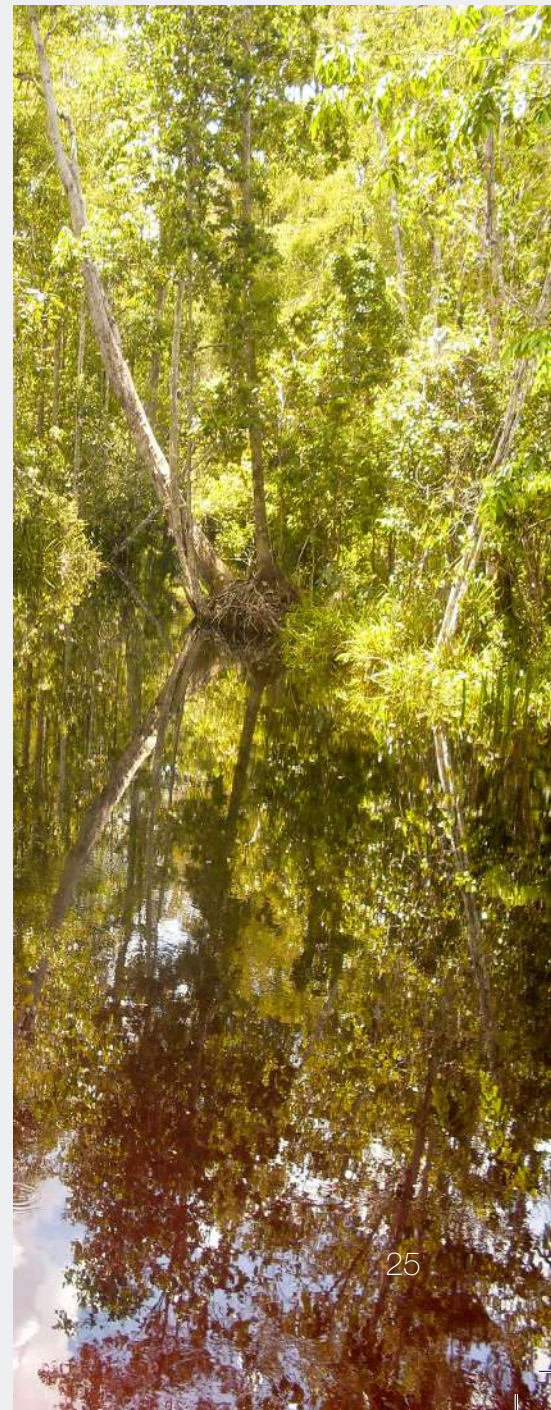
Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se realiza de acuerdo con la orientación de oriente occidente, considerando las distancias para cada componente y el punto de siembra de los árboles para facilitar el ahoyado.

Limpieza de las fajas: Se deben controlar las arvenses para evitar competencia por espacio luz y nutrientes; regulando las poblaciones de artrópodos que puedan afectar los cultivos.

Ahoyado: se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), aplicar 2 kilos de abono orgánico *(bocashi)* mezclando homogéneamente con la tierra hasta cubrir las ¾ partes del hoyo, retirar la plántula de la bolsa verificando que no tenga problemas la raíz (cola de marrano), ubicar la plántula en el centro del hoyo y completar con tierra haciendo un poco de presión con las manos tratando de eliminar los espacios de aire en el suelo.











MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para abarco

La primera poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para amarillo

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

Para roble

La primera poda se efectúa a los 30 meses de establecimiento.

Para copoazú

A los 12 meses se inicia el control de las ramificaciones y chupones para prevenir la manifestación de la enfermedad conocida como *"Escoba de bruja"*. A los 3 o 4 años, con el inicio de la producción de frutos se deben monitorear las condiciones de temperatura y humedad para controlar la incidencia del hongo denominado *"Monilia"*.

En el departamento de Guaviare se debe efectuar la poda, en el periodo comprendido entre abril a septiembre, que corresponde al periodo de mayor intensidad de lluvias. Se recomienda ejecutar las labores en la tarde, luego de la puesta del sol.

(Fuente. Sinchi 2004).

DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especies maderables


Abarco


Roble


Amarillo

Especie frutal


Copoazú

Especie pancoger

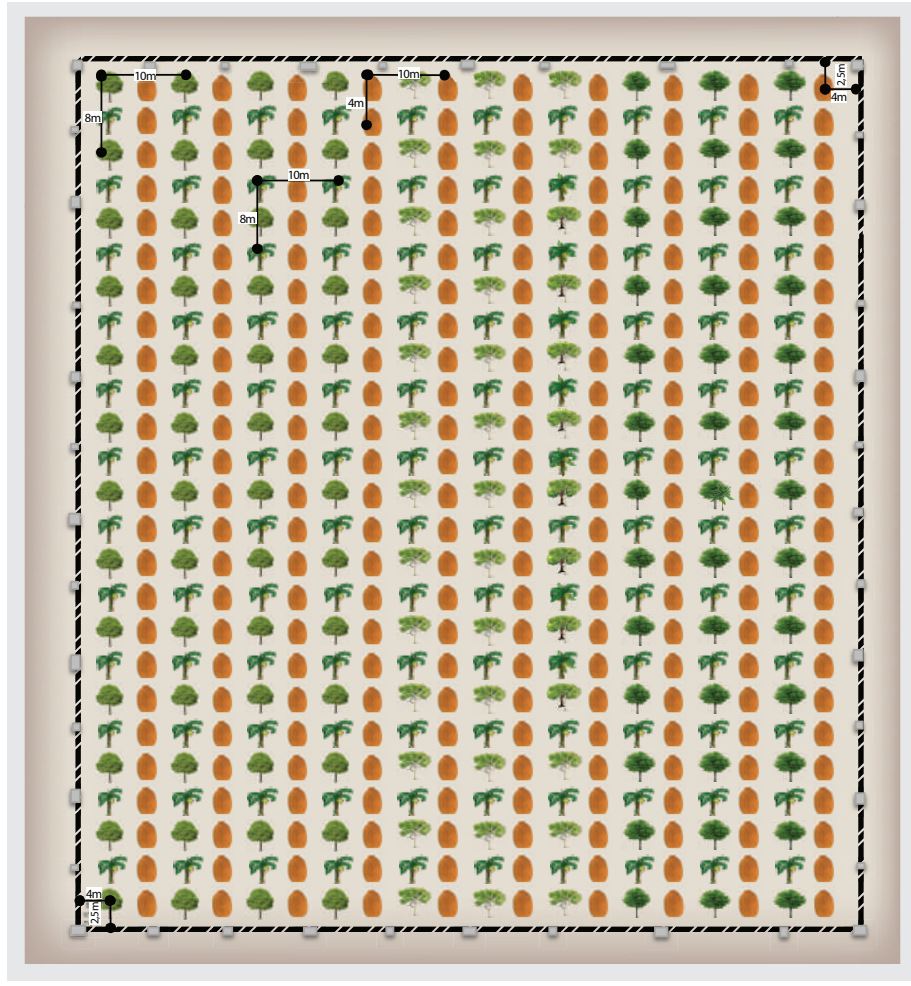

Plátano

Cerca inerte



Distancias de siembra

Para los maderables y la matriz de pancoger 10 metros entre fajas por 8 metros entre árboles y/o plantas. Para la especie frutal 10 metros entre surcos y 4 metros entre plantas. En las fajas periféricas la distancia de la cerca de la primer faja es de 4 metros y en los extremos de la faja la distancia es de 2,5 metros.





PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

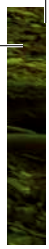
Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	52
Amarillo	39
Roble	39
Copoazú	250
TOTAL	380

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	32
Año 1 (Mantenimiento)	37
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	24
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	24

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$ 1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	Kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	380	$ 760,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos**	Kit	global	$ 2,134,000

*Se establece estos valores previendo que al final del proceso se hace proteccion con cercos y postes para 4 ha.
Si se establece una sola hectárea el número para alambre es de 4 rollos y 160 postes..

Fuente (Sinchi 2021).



Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Maderables																					
Frutal (copoazú)																					
Pancoger																					

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera (m3)/árbol	Número árboles iniciales	No de árboles aprovechables (con sobrevivencia de 0.71%)	Volumen de madera en el arreglo (m3) por 1 ha.	Valor total (valor m3 de $825.000)	Costo
Abarco	2,344	52	37	86,540		
Amarillo	1,055	39	28	29,213		
Roble	0,323	39	28	8,933		
TOTAL		130		124,686		
Aprovechamiento				año 20 (60%)	61.719.680,9	9.257.952,1
				año 21 (40%)	41.146.453,9	6.171.968,1
TOTAL					102.866.134,8	15.429.920,2

*Corresponde a valores obtenidos de venta de madera en Guaviare.
Se compra pieza de madera en $15.000, y un metro cubico de madera tiene 33 piezas

Fuente (Sinchi 2021).



Costos de producción y beneficios proyectados

Copoazu	
Arboles /ha	250
Produccion por arbol (No frutos)	15
Peso promedio/fruto (kg)	2
Produccion/ha (kg/ha)	7500
Rendimiento de pulpa / kg	22%
Produccion de pulpa por hectárea. (kg / ha)	1650
Rendimiento en grano seco / kg	8%
Produccion grano seco por hectárea (kg / ha)	600
Costo Pulpa / Kg	$ 2.200
Costo grano seco / kg	$ 2.500
Precio de venta de kilogramo de grano seco	$ 3.500
Precio de venta de kilogramo de pulpa	$ 2.000
Ingresos por pulpa / ha	$ 5.775.000
Ingresos por grano / ha	$ 1.200.000
Total Ingresos / ha	$ 6.975.000
Costos obtención de Pulpa / ha	$ 3.630.000
Costos obtención de grano seco / ha	$ 1.500.000
Total costos aprovechamiento / ha	$ 5.130.000

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.930.000	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Sostenimiento	2.590.000	1.680.000	1.680.000	1.680.000	11.760.000	6.720.000	0	0	0	
	Producción limpia	2.134.000	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mantenimiento producción limpia	0	956.000	956.000	956.000	956.000	0	0	0	0	
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	0	9.257.952	6.171.968	
	Aprovechamiento Pancoger	300.000	300.000	300.000	300.000	0	0	0	0	0	
	Aprovechamiento Copoazú	0	0	5.130.000	5.130.000	35.910.000	0	0	0	0	
Costos (año)		9.954.000	2.936.000	8.066.000	8.066.000	48.626.000	6.720.000	0	9.257.952	6.171.968	99.797.920
Ingresos	Pancoger	1.000.000	780.000	780.000	780.000	0	0	0	0	0	3.340.000
	Copoazú	0	0	5.130.000	5.130.000	48.825.000	0	0	0	0	59.085.000
	Maderables	0	0	0	0	0	0	0	61.719.681	41.146.454	102.866.135
		1.000.000	780.000	5.910.000	5.910.000	48.825.000	0	0	61.719.681	41.146.454	165.291.135
NETO		-8.954.000	-2.156.000	-2.156.000	-2.156.000	199.000	-6.720.000	0	52.461.729	34.974.486	65.493.215

VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

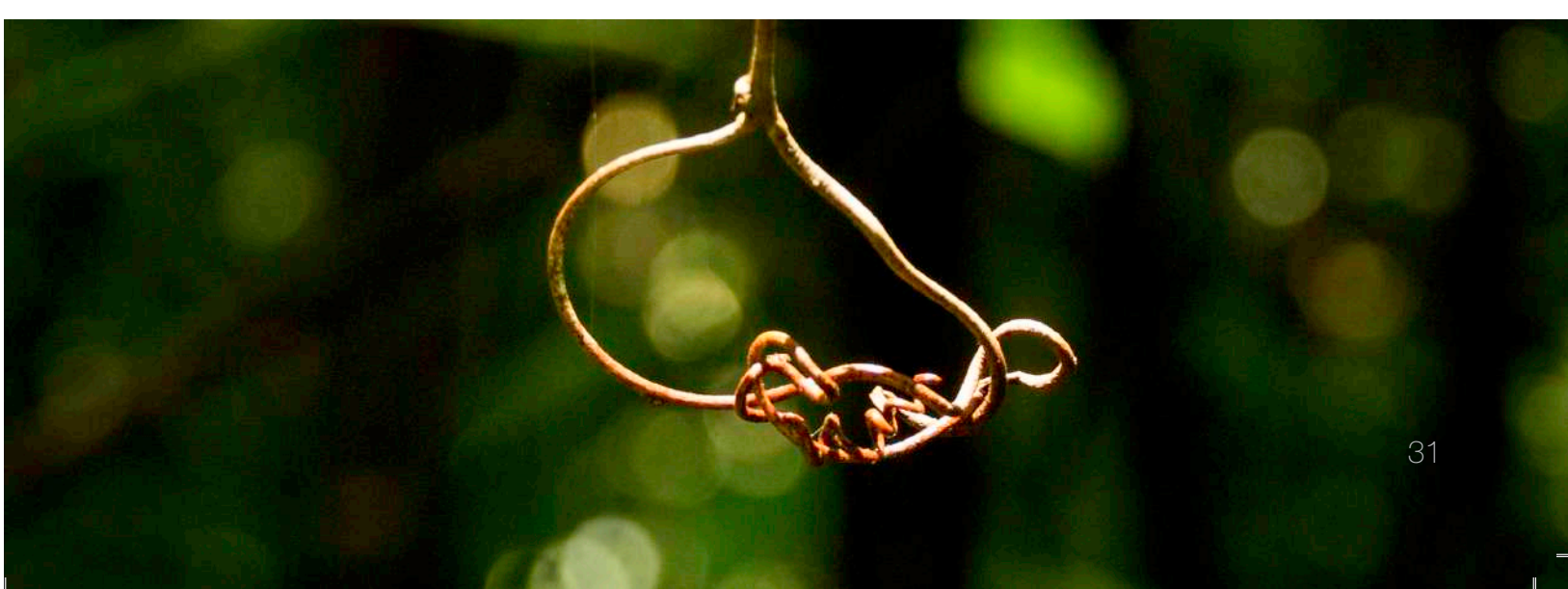
Los mayores costos ocurren en el año 1 que es el establecimiento del sistema. En los 4 primeros años se generan costos por mantenimiento, la actividad de producción del pancoger, el copoazú y la aplicación de abonos orgánicos. Entre los años 4 al 11 se generan costos derivados del manejo y aprovechamiento del copoazú. En los 3 primeros años se obtienen ingresos por el cancoger. Entre el año 4 hasta el año 11 se registran ingresos por la venta de pulpas y grano seco de Copoazú. A partir del segundo año hasta el año 15 se mantiene los costos de las labores silviculturales de podas de formación. En el año 20 se realiza la primer fase de aprovechamiento del sistema que es del 60%, hasta el año 21 se realiza el aprovechamiento del sistema en su totalidad generando excedentes importantes.

Con estos valores se obtiene:

- Tasa Interna de Retorno: 17%
- Relación Beneficio / Costo: 1.71
- Valor Presente Neto: $ 9.948,34

DTF para cálculos: 8%

Fuente (Sinchi 2021).








Modelo agroforestal 3:

Caucho | Copoazú | Plátano | Maderables

- Abarco
- Achapo
- Macano
- Ahumado
- Laurel



SISTEMA AGROFORESTAL

OBJETIVO

Diversificar y mejorar la producción agrícola y forestal para generar excedentes económicos en el corto, mediano y largo plazo.



ANTECEDENTES

El modelo se basa en un estudio realizado en Caquetá, que tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico y fitosanitario de clones promisorios de caucho *(Hevea brasiliensis)* (FX 4098 y FDR 5788 comparados con el testigo IAN 873), en cuatro sistemas de siembra (tres agroforestales, S1 a S3 y el testigo monocultivo, S4) con copoazú *(Theobroma grandiflorum)* y plátano hartón *(Musa AAB)* en dos zonas edafoclimáticas del departamento de Caquetá (Albania y San Vicente del Caguán), Amazonia colombiana. En los años 1 y 2 después del establecimiento del cultivo de caucho se evaluaron cinco índices de crecimiento indicadores del desempeño de *H. brasiliensis* y cuatro índices en los cultivos asociados. Se analizaron 10 deficiencias nutricionales visuales y 23 parámetros químicos foliares (12 inherentes al contenido químico elemental foliar). Luego de 2 años, los mayores índices de crecimiento se observaron en el clon FX 4098 y en dos de los tres sistemas agroforestales (S1: caucho: 2,5 m x 3,0 m x 14,0 m y copoazú: 4,0 m x 5,0 m; S2: caucho: 2,5 m x 3,0 m x 13,0 m y copoazú: 4,0m x 5,0 m). El plátano hartón sin importar el sistema de siembra, resultó igualmente favorable como sombrío transitorio en cualquiera de los sistemas agroforestales evaluados.

(Sterling et al., 2021).

VIABILIDAD



Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada.
- Conserva la biodiversidad.
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal.
- Uso óptimo de los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El modelo agroforestal propuesto se basa en una hectárea y se estructura según arreglo de especies forestales (siendo el caucho -*Hevea brasilensis*- la especie principal), agrícolas transitorias y permanentes. S1: caucho: 2,5 m x 3,0 m x 14,0 m y copoazú: 4,0 m x 5,0 m.

El caucho tendrá una densidad de 369 árboles por hectárea con una distancia de siembra de 2,5 X 3 m, el copoazú *(Theobroma grandiflorum)* a 4 X 5 m con 252 individuos, por último, los maderables suman 105 individuos de las especies abarco *(Cariniana pyriformis)*, achapo *(Cedrelinga cateniformis)* macano *(Terminalia amazonia),* ahumado *(Minquartia guianensis)* y laurel *(Cordia alliodora)* en líneas de cada especie a 10 m dentro de los surcos de caucho como se observa en el diagrama.

El modelo está compuesto por surcos dobles de caucho distanciados 14 m entre surcos. En el medio se incluye un surco doble de copoazú y dentro de los surcos de caucho se incluyen líneas de cada maderable a 10 m reemplazando un árbol de caucho por maderable según la distancia. Así mismo, se dispone de un área para siembra de pancoger (plátano y yuca) en el primer año, algunos de los cuales en las calles de caucho como sombrío entre plantas de copoazú.

ESPECIE PRINCIPAL

El caucho

Es una especie productora de látex. Este látex se emplea como materia prima para la obtención del caucho natural, el cual es ampliamente utilizado en la fabricación de neumáticos, llantas, productos impermeables y aislantes, debido a sus propiedades de elasticidad, resistente al agua, aislante de la temperatura y de la electricidad. La madera del caucho se aprovecha una vez que el árbol ha disminuido su producción de látex. Se utilizada para la elaboración de muebles, revestimientos de suelos, tableros de madera, rieles, enchapes y construcciones de interiores.



Plántulas



Árbol



Látex

ESPECIES MADERABLES



Plántulas



Árbol



Frutos y semillas

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012)*

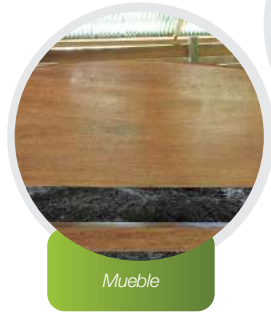
La madera de achapo

Es moderadamente dura y pesada (densidad seca al aire 0.45 g/cm^3), fácil de trabajar manualmente y con maquinaria con excepción del moldurado. Ofrece un buen acabado después de sellada la superficie y se pega fácilmente. Se utiliza en ebanistería, pisos, carretería, chapas decorativas, embalajes, triplex, tornería, carrocerías y construcciones normales *(Sinchi, 2012).*


Fuste


Inflorescencia


Plántulas


Mueble


Mueble


Madera

La madera de ahumado

Es pesada, de alta densidad (básica de 0,76 g/cm^3), tiene propiedades mecánicas altas y alta resistencia al impacto. Se emplea para traviesas, construcciones, ebanistería, estructuras, construcciones pesadas, carrocerías, postes y construcciones navales. *(PROEXPO, 1988).*


Árbol


Plántulas


Frutos - Flores


Árbol


Hojas


Corteza

La madera de macano

Es pesada y muy difícil de aserrar. Se emplea para la elaboración de pisos, zócalos, enchapados y contra chapados. También se emplea como madera estructural, madera para exteriores de vivienda, crucetas, traviesas, vigas, viguetas, postes para cerca, escaleras, herramientas y carrocerías *(Sinchi, 2012).*

La madera de laurel

Es liviana, con baja estabilid ad dimensional. Su densidad básica está entre 0,34 y 0,46 g/cm^3. Fácil de secar al aire, presenta deformaciones y grietas leves, es considerada de muy buena calidad, fácil de trabajar y de pulir, y debido a su veteado llamativo es muy apreciada en la industria de muebles finos, decorativos de baño y de oficina, cocinas integrales, puertas, marcos y ventanas, carrocerías, artículos de escritorio, artesanías, instrumentos musicales y chapas decorativas. Igualmente, por su resistencia es utilizada en construcciones livianas, como tablillas para pisos y techos, mangos para herramientas e implementos agrícolas (*Vásquez y Ramírez, 2005).*


Árbol


Hojas


Fuste

ESPECIE FRUTAL

El copoazú

Es una especie frutícola tropical, cuya importancia económica radica en su fruto que puede ser aprovechado en su totalidad (Rojas *et al,* 1996). La pulpa presenta altos contenidos de fosforo, pectina y contenidos medios de calcio y vitamina C. Se utiliza en la elaboración de jugos néctares, mermeladas, compotas, gelatinas y dulces. Del fruto también se aprovecha su semilla, que contiene porcentajes altos de proteína y grasa para la preparación de Chocoazú, un producto con características similares al chocolate.



Árbol



Plántulas



Fruto



Flor





REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aceptados para este tipo de sistemas son los francos. La profundidad efectiva permitirá un desarrollo libre a las raíces de las plantas, esta profundidad no puede ser menor a 80 cm. *(Murcia, 2007).*

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%. En terrenos con pendiente mayor a 30% realizar trazado en curvas a nivel.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcilloso (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; tampoco deben tener alto contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Se debe contemplar y debe ser evaluado con los campesinos o productores de la zona. Sin embargo, algunas condiciones mínimas:

- Precipitación (mm) 2.900
- Temperatura media 22°C,
- Brillo solar (hora/día) < 12.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA AGROFORESTAL

Selección y preparación del terreno

Terreno apto al requerimiento de especies seleccionadas (no muy exigentes), de preferencia cercanos a la finca. Trazado en cuadrado (si la topografía lo permite). Manejo de plántulas (si aplica), desde momento de pregerminación (humedad, temperatura, sustrato suelto). Trasplante a sitio definitivo a 30-40 cm de altura de plántulas.

La selección del terreno deberá estar a cargo de un profesional o técnico con conocimiento de los criterios requeridos, entre estos tenemos:

- Análisis físico o prueba de cateo, para conocer las condiciones del suelo hasta una profundidad de 1.20 m, en la cual se debe determinar la profundidad efectiva que básicamente hace referencia a que no se encuentra ningún obstáculo (gravilla, capas de recebo, greda), para que las raíces como la del caucho que es pivotante pueda tener buen anclaje y haya buen desarrollo de las raíces secundarias.

- El nivel freático es un factor determinante por ello se debe revisar que los suelos no sean totalmente arenosos, que tengan buen drenaje, que no tengan arcilla o greda de color azul, blanco o gris, estas últimas limitan que la raíz profundice, debe existir equilibrio entre arena, limo y arcilla y rico en materia organiza.

- Una vez se seleccione el terreno se debe tomar una muestra del suelo, para enviar al laboratorio y determinar con base en estos resultados el plan de fertilización.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se debe determinar la orientación de los surcos, ubicándolos de oriente a occidente o norte a suroccidente, de acuerdo a la ubicación del lote, donde se debe tener en cuenta las corrientes de aire, ya que esto incide la propagación de plagas y enfermedades y el desarrollo del cultivo. Se debe determinar la pendiente del terreno, para así definir la ubicación de los surcos (si hay pendiente fuerte, se debe sembrar en curvas a nivel).

Ahoyado: Se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm, para el caso de las especies que van en asocio con el caucho, para el caucho los hoyos deben ser de 40 cm x 40 cm x 60 cm, sobre todo en suelos que presenten alto grado de compactación. Si es posible se deben aplicar correctivos, aplicando una tonelada de cal dolomita por hectárea mecanizada, labor que se debe realizar con un mes de anterioridad ya que es un cultivo en asocio. Al momento de la siembra del caucho deberá aplicarse al hueco 150 grs de roca fosfórica o calfos, con estos bajaríamos la acidez del pH y la saturación de aluminios; condiciones características de los suelos del departamento de Caquetá.

Siembra: colocar a en el fondo del hueco los 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), en lo posible colocar de 2 a 3 kg de materia orgánica (Bocachi o gallinaza ente otros con estado de descomposición aceptable). El material de caucho (stump), debe ser desinfectado antes de la siembra y en el momento de siembra no se deben dejar bolsas de aire (apisonar bien). Se recomienda no incorporar la última capa extraída del hueco.

MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación deben ser ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para caucho

Se debe tener en cuenta que la labor de manejo inicia con la deschuponada que es producto del corte de las ramas que salen en el tallo principal debajo de los 2.5 m de altura.

Para abarco y achapo

La primer poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para macano y laurel

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

Para ahumado

La primera poda se efectúa a los 30 meses de establecimiento.

Para copoazú

A los 12 meses se inicia el control de las ramificaciones y chupones para prevenir la manifestación de la enfermedad conocida como *"Escoba de bruja"*. A los 3 o 4 años, con el inicio de la producción de frutos se deben monitorear las condiciones de temperatura y humedad para controlar la incidencia del hongo denominado *"Monilia"*.



DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especie principal



Caucho

Especies maderables



Maderables

Especie frutal

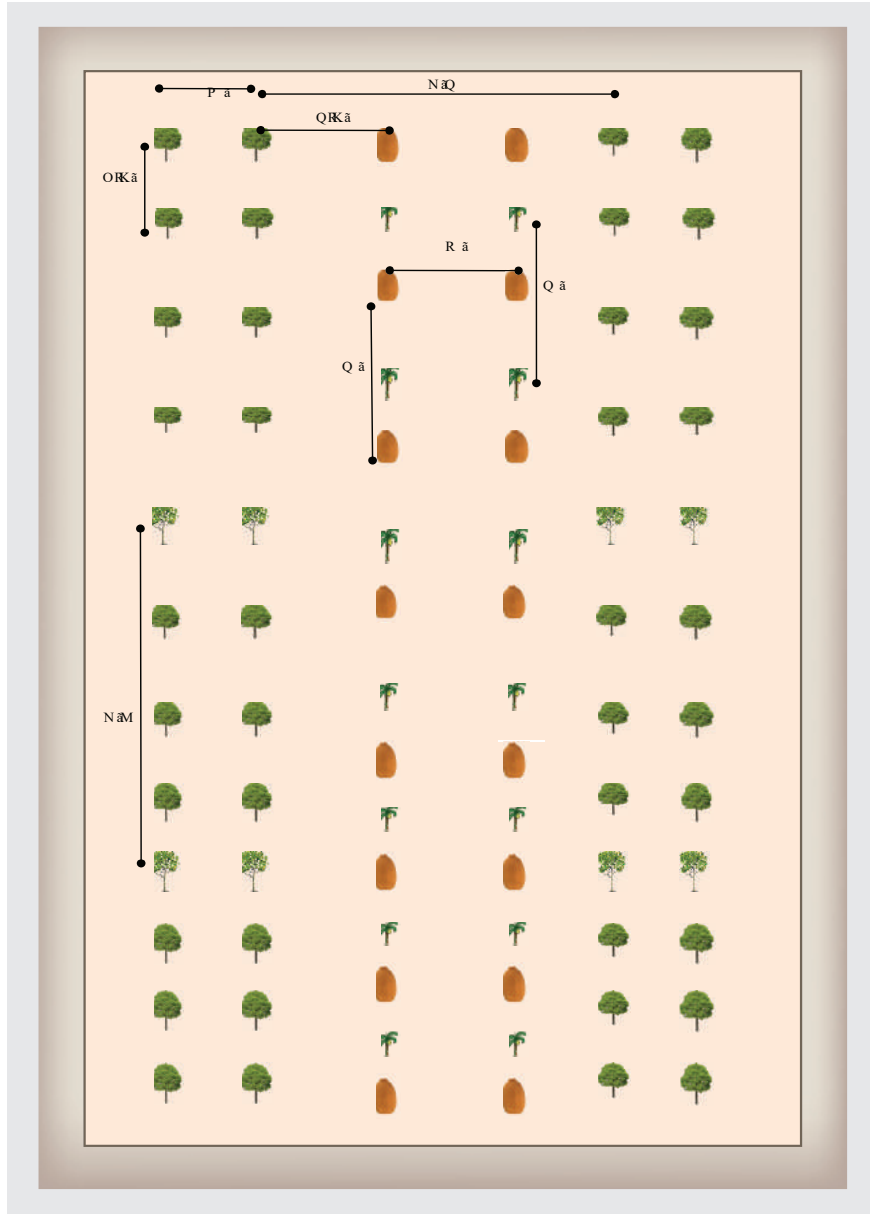


Copoazú

Especie pancoger



Plátano



Fuente (Sinchi 2021).



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	30
Achapo	25
Macano	25
Ahumado	25
Laurel	25
Copoazú	250
Caucho	420
TOTAL	800

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	32
Año 1 (Mantenimiento)	37
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	24
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	24

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	800	$ 1,600,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

*Estos valores se establecen previendo que al final del proceso se hace protección con cercos y postes para 4 ha.
Si se establece una sola hectárea el número es de 4 rollos de alambre de púa y 160 postes. *Fuente (Sinchi 2021).*

Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Caucho												■	■	■	■	■	■	■	■	■
Maderables																				■
Frutal (copoazú)			■	■	■	■	■	■	■	■	■									
Pancoger	■	■	■																	

En el análisis se consideran 20 años, pero en el caso del caucho el período de producción es más amplio ya que se extiende por más de 25 años, desde el séptimo hasta después de los 30 años cuando inicia su curva descendente de producción. *(Sinchi, 2021).*

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Abarco	2,344	30	21	49,9272		
Achapo	2,39	25	18	42,4225		
Macano	0,37	25	18	6,5675		
Ahumado	0,1	25	18	1,775		
Laurel	0,32	25	18	5,68		
TOTAL		130		106, 3722		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 52,654,239	$ 7,898,135,9
				Año 21 (40%)	$ 35,102,826	$ 5,265,423,9
TOTAL					$ 87,757,065	$ 13.163.559,8

*Corresponde a valores obtenidos de venta de madera en Guaviare.
Se compra pieza de madera en $15.000, y un metro cubico de madera tiene 33 piezas

Fuente (Sinchi 2021).



Producción latex de caucho por arbol	cm 3
Año 1	0
Año 2	0
Año 3	0
Año 4	0
Año 5	0
Año 6	70
Año 7	70
Año 8	100
Año 9	100
Año 10	150
Año 11	150
Año 12	200
Año 13	200
Año 14	200
Año 15	200
Año 16	200
Año 17	200
Año 18	200
Año 19	200
Año 20	200
Año 21	200



Costos de producción y beneficios proyectados

Copoazu	
Arboles /ha	250
Produccion por arbol (No frutos)	15
Peso promedio/fruto (kg)	2
Produccion/ha (kg/ha)	7500
Rendimiento de pulpa / kg	22%
Produccion de pulpa por hectárea. (kg / ha)	1650
Rendimiento en grano seco / kg	8%
Produccion grano seco por hectárea (kg / ha)	600
Costo Pulpa / Kg	$ 3.500
Costo grano seco / kg	$ 5.000
Precio de venta de kilogramo de grano seco	$ 5.000
Precio de venta de kilogramo de pulpa	$ 7.000
Ingresos por pulpa / ha	$ 11.550.000
Ingresos por grano / ha	$ 6.000.000
Total Ingresos / ha	$ 17.550.000
Costos obtención de Pulpa / ha	$ 5.775.000
Costos obtención de grano seco / ha	$ 3.000.000
Total costos aprovechamiento / ha	$ 8.775.000

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	5.924.000	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Sostenimiento	2.590.000	1.680.000	1.680.000	1.680.000	11.760.000	6.720.000	0	0	0	
	producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0	0	
	mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0	
	Instalacion y mantenimiento Caucho										
	Aprovechamiento forestal	500.000	500.000	500.000	500.000	0	0	0	7.898.136	5.265.424	
	Aprovechamiento Caucho					82.687.500	84.375.000	135.000.000	16.875	16.875	
	Aprovechamiento Pancoger	300.000	300.000	300.000	0	|	0	0	0	0	
	Aprovechamiento Copoazú	0	0	8.775.000	8.775.000	61.425.000	0	0	0	0	
Costos (año)		11.795.200	3.555.200	12.330.200	12.030.200	156.947.700	91.095.000	135.000.000	7.915.011	5.282.299	435.950.810
Ingresos	Caucho	0	0	0	0	108.000.000	74.220.000	0	0	0	182.220.000
	Platano	0	780.000	780.000	780.000	0	135.000.000				
	Copoazú	0	0	17.550.000	17.550.000	122.850.000	0	0	0	0	157.950.000
	Maderables	0	0	0	0	0	0	0	32.169.821	21.446.547	53.616.368
		0	780.000	18.330.000	18.330.000	230.850.000	209.220.000	0	32.169.821	21.446.547	531.126.368
NETO		-11.795.200	-2.775.200	5.999.800	6.299.800	73.902.300	118.125.000	-135.000.000	24.254.810	16.164.248	95.175.558

Fuente (Sinchi 2021).

VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Según se observa, los mayores costos ocurren en el año 1 (de establecimiento) y a partir del año 8 cuando inicia la producción del caucho. Sin embargo gracias a los demás productos considerados, se lograría el sostenimiento del sistema a partir del 4 año, aunque con gran variabilidad dependiente de la producción de los componentes agrícolas. El componente forestal al final del ciclo determina en buena medida la rentabilidad del sistema.

» TIR	9%
» Rel B/C	1,25
» VPN	$ 2.488,85
» DTF	8%
» INGRESOS EN VPN	$ 82.892,86
» EGRESOS EN VPN	$ 74.263,80

Valores en miles de pesos (000)

Fuente (Sinchi 2021).



Modelo agroforestal 4:

Cacao | Plátano | Maderables
- Abarco
- Achapo
- Macano
- Roble
- Cedro macho



SISTEMA AGROFORESTAL

OBJETIVO

Diversificar y mejorar la producción agrícola y forestal para generar excedentes económicos en el corto, mediano y largo plazo.



ANTECEDENTES

El modelo se basa en la experiencia combinada de Fedecacao (2012), asociando cacao, maderables y plátano, y la experiencia de Giraldo (2013), asociando maderables y copoazú en tierra firme en el departamento de Guaviare. De acuerdo con Fedecacao el modelo se denomina sistema mixto permanente en franjas e incluye una densidad de 1280 árboles de cacao. Dada la condición de los suelos de la región y la baja adopción tecnológica de la Amazonia, el modelo fundamenta la densidad de cacao con base en los estudios de Giraldo (2013), quien evaluó densidades de 532 individuos de las especies frutales en asocios agroforestales.



VIABILIDAD

Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada.
- Conserva la biodiversidad.
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal.
- Uso óptimo de los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El modelo agroforestal propuesto se basa en 1 ha y se estructura según arreglo de especies forestales, especies agrícolas transitorias y permanentes, siendo el cacao *(Teobroma cacao)*, la especie principal.

El cacao tendrá una densidad de 565 árboles por hectárea con una distancia de siembra de surcos dobles a 4 x 4 m, y espaciamiento entre surco doble de 4 m. El modelo considera la compatibilidad sexual de los materiales dispuestos TSH 565, CCN-51 e ICS-39. El modelo está diseñado para repetir la secuencia de materiales las veces que el lote lo permita. Los maderables suman 102 individuos de las especies: abarco *(Cariniana pyriformis)*, achapo *(Cedrelinga cateniformis),* macano *(Terminalia amazonia)*, roble *(Tabebuia rosae)* y cedro macho *(Pachira quinata)* en líneas de cada especie a una distancia de 7 m entre plantas y 14 m entre líneas como se observa en el diagrama.

Así mismo, se dispone de un área para siembra de pancoger (plátano y yuca) en el primer año, en las calles de cacao como sombrío transitorio.

ESPECIE PRINCIPAL

El cacao

Es una especie frutal tropical, rico en grasas (40-50%), fibra, magnesio, zinc y vitamina B. Contiene alcaloides tales como teobromina (1.5-3%) y cafeína, que le confieren propiedades estimulantes. De las semillas se obtiene la cocoa y el chocolate, productos utilizados para la fabricación de dulces, confites, helado y bebidas. La grasa que contienen las semillas (manteca de cacao), se utiliza en la industria cosmética para fabricar cremas humectantes y jabones; también se emplea para la elaboración de productos farmacéuticos.



Hojas



Fruto

ESPECIES MADERABLES



Árbol



Plántulas



Frutos y semillas

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012).*

La madera de achapo

Es moderadamente dura y pesada (densidad seca al aire 0.45 g/cm^3), fácil de trabajar manualmente y con maquinaria con excepción del moldurado. Ofrece un buen acabado después de sellada la superficie y se pega fácilmente. Se utiliza en ebanistería, pisos, carretería, chapas decorativas, embalajes, triplex, tornería, carrocerías y construcciones normales *(Sinchi, 2012).*


Inflorescencia


Fuste


Plántulas


Mueble


Mueble


Madera


Árbol


Fruto - Semilla

La madera de roble

Es de peso mediano, fácil de aserrar y de trabajar con máquina. Tiene un excelente y atractivo acabado. La madera se emplea en la elaboración de instrumentos musicales, muebles y gabinetes, postes, decoración de interiores, remos, chapa para madera terciada, culatas para armas de fuego, construcción rural y ebanistería *(Conafor, 2006; Sinchi, 2012)*



Árbol



Hojas



Corteza

La madera de macano

Es pesada y muy difícil de aserrar. Se emplea para la elaboración de pisos, zócalos, enchapados y contra chapados. También se emplea como madera estructural, madera para exteriores de vivienda, crucetas, traviesas, vigas, viguetas, postes para cerca, escaleras, herramientas y carrocerías *(Sinchi, 2012).*

La madera de cedro macho

Es fácil de aserrar y de trabajar en todas las operaciones de maquinado y labrado, ofreciendo un buen acabado. La madera se emplea para la fabricación de muebles, ebanistería, chapas para triplex, cajas livianas, lápices, pulpa, papel y tableros de viruta y de fibra. *(WWF, 2013).*



Árbol



Hojas



Flores



REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

El cultivo de cacao prefiere suelos ricos en materia orgánica, profundos, franco arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. Sin embargo también se puede adaptar a una variedad de suelos que van desde arcillas pesadas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limosas con PH de 4 a 7. (Catie, 2011).

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%. En terrenos con pendiente mayor a 30% realizar trazado en curvas a nivel.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; tampoco deben tener alto contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

El mejor desarrollo del cacao se manifiesta en temperaturas promedio anuales de 21°C. Las temperaturas muy altas o bajas pueden llegar a producir alteraciones fisiológicas en el árbol. La temperatura ejerce su efecto en la formación de las flores. En cuanto a la precipitación el cacao es muy sensible a la escasez de agua así como su exceso. La precipitación debe de ser de 1,500 a 2,500 mm al año.

ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA AGROFORESTAL

Selección y preparación del terreno

Terreno apto al requerimiento de especies seleccionadas (no muy exigentes), de preferencia cercanos a la finca. Trazado en cuadrado (si la topografía lo permite). Manejo de plántulas (si aplica), desde momento de pregerminación (humedad, temperatura, sustrato suelto). Trasplante a sitio definitivo a 30-40 cm de altura de plántulas.

La selección del terreno deberá estar a cargo de un profesional o técnico con conocimiento de los criterios requeridos, entre estos tenemos:

- Análisis físico o prueba de cateo, para conocer las condiciones del suelo hasta una profundidad de 1.20 m, en la cual se debe determinar la profundidad efectiva que básicamente hace referencia a que no se encuentra ningún obstáculo (gravilla, capas de recebo, greda), para que las raíces como la del cacao que es pivotante pueda tener buen anclaje y haya buen desarrollo de las raíces secundarias.
- El nivel freático es un factor determinante por ello se debe revisar que los suelos no sean totalmente arenosos, que tengan buen drenaje, que no tengan arcilla o greda de color azul, blanco o gris, estas últimas limitan que la raíz profundice, debe existir equilibrio entre arena, limo y arcilla y rico en materia organiza.
- Una vez se seleccione el terreno se debe tomar una muestra del suelo, para enviar al laboratorio y determinar con base en estos resultados el plan de fertilización.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se debe determinar la orientación de los surcos, ubicándolos de oriente a occidente o norte a suroccidente, de acuerdo a la ubicación del lote, donde se debe tener en cuenta las corrientes de aire, ya que esto incide la propagación de plagas y enfermedades y el desarrollo del cultivo. Se debe determinar la pendiente del terreno, para así definir la ubicación de los surcos (si hay pendiente fuerte, se debe sembrar en curvas a nivel).

Ahoyado: Ya delimitado el terreno y establecido los distanciamientos, se procede al ahoyado con dimensiones aproximadas de 40 cm x 40 cm x 60 cm, se coloca 1 lb de abono bocashi al fondo del hoyo y se mezcla con tierra. Para el caso de los maderables se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Siembra: Para retirar la bolsa plástica del árbol de cacao se tiene el cuidado de no dañar las raíces, se puede cortar el fondo de la bolsa y deslizarla hacia arriba o se rompe por completo, retirada la bolsa se coloca la plántula dentro del hoyo y se va cubriendo con tierra haciendo una ligera presión para eliminar las burbujas de aire. Se aplica otra ½ libra de abono bocashi alrededor para fomentar el enrizamiento lateral. La aplicación de abonos foliares le proporcionan también nutrientes esenciales a la planta, por lo que la aplicación de ½ lt por bombada cada mes ayuda al rápido desarrollo de la planta. Para los maderables, colocar en el fondo del hueco los 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), en lo posible colocar de 2 a 3 kg de materia orgánica (Bocachi o gallinaza ente otros con estado de descomposición aceptable).





MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben desarrollar labores como resiembra, plateos, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades, podas, cosecha y manejo de postcosecha.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina), para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para cacao

L a poda de formación se realiza a partir de los 2 años de establecido con ello se logra un rápido desarrollo del área foliar, para lo cual se eliminan las puntas de las ramas que van hacia el suelo, procurando siempre un crecimiento erecto con ramas bien orientadas, formadas a una altura conveniente y esto se realiza durante toda la vida útil de la planta.

Para abarco y achapo

La primera poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para macano

la primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

Para roble

La primera poda se efectúa a los 30 meses de establecimiento.

Para cedro macho

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especie principal



Clones de Cacao

CCN51

TSH565

ICS39

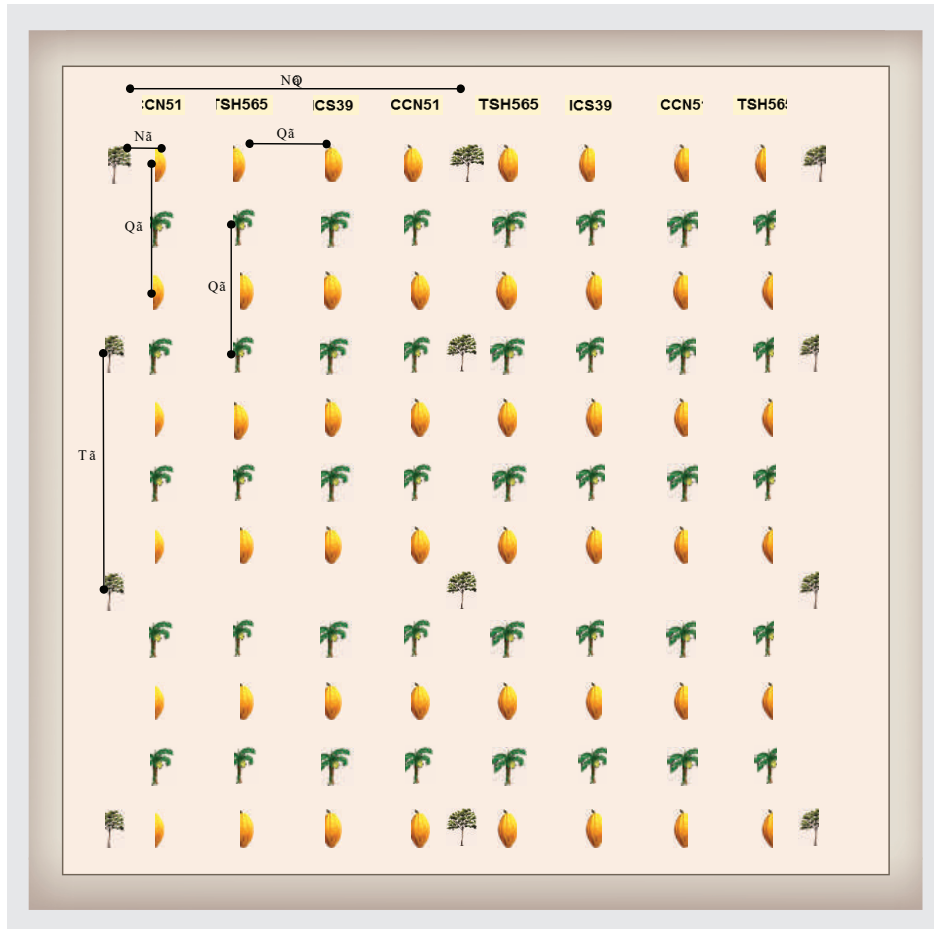
Especies maderables



Especie pancoger



Plátano



Fuente (Sinchi 2013).



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	22
Achapo	20
Macano	20
Roble	20
Cedro Macho	20
Cacao	800
TOTAL	902

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	32
Año 1 (Mantenimiento)	37
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	24
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	24

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	260	$1,804,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

*: Se establece estos valores previendo que al final del proceso se hace proteccion con cercos y postes para 4 ha. Si se establece una sola hectárea el número para alambre es de 4 rollos y 160 postes. *Fuente (Sinchi 2021).*

Producción fruto / àrbol / Año de cacao	Nº de frutos
Año 1	
Año 2	40
Año 3	40
Año 4	40
Año 5	50
Año 6	50
Año 7	50
Año 8	50
Año 9	50
Año 10	50
Año 11	50

Rendimientos

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.71%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Abarco	2,344	22	16	36,61328		
Achapo	2,39	20	14	33,938		
Macano	0,37	20	14	5,254		
Roble	0,32	20	14	4,544		
Cedro macho	0,1	20	14	1,42		
TOTAL		102		81,76928		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 40.475.793,6	$ 6.071.369,0
				Año 21 (40%)	$ 26.983.862,4	$ 4,047.579,4
TOTAL					$ 67.459.656	$ 10.118.948,4

(Fuente: Sinchi, 2021)



Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	5.974.000	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Sostenimiento	2.590.000	1.680.000	1.680.000	1.680.000	11.760.000	6.720.000	0	0	0	
	producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0	0	
	mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0	
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	0	6.071.369	4.047.579	
	Aprovechamiento Pancoger	300.000	300.000	300.000	300.000	0	0	0	0	0	
	Aprovechamiento Copoazú	0	0	1.761.600	1.761.600	13.212.000	0	0	0	0	
Costos (año)		11.345.200	3.055.200	4.816.800	4.816.800	26.047.200	6.720.000	0	6.071.369	4.047.579	66.920.148
Ingresos	Cacao	0	3.523.200	3.523.200	3.523.200	30.828.000	6.720.000	0	0	0	48.117.600
	Platano	0	3.250.000	3.250.000	3.250.000	0	0				
	Maderables	0	0	0	0	0	0	0	32.169.821	21.446.547	53.616.368
		0	6.773.200	6.773.200	6.773.200	30.828.000	6.720.000	0	32.169.821	21.446.547	111.483.968
NETO		-11.345.200	3.718.000	1.956.400	1.956.400	4.780.800	0	0	26.098.452	17.398.968	44.563.820

(Fuente: Sinchi, 2021)

VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Según se observa, los mayores costos ocurren en el año 1 (de establecimiento), y a partir del año 3 el balance es positivo cuando inicia la producción del cacao. El componente forestal al final del ciclo determina en buena medida la rentabilidad de sistema

» TIR	10%
» Rel B/C	1,54
» VPN	$ 1.621,48
» DTF	8%
» INGRESOS EN VPN	$ 30.158,20
» EGRESOS EN VPN	$ 26.302,79

Valores en miles de pesos (000)

Fuente (Sinchi 2021).



Modelo agroforestal 5:

Copoazú | Plátano | Maderables

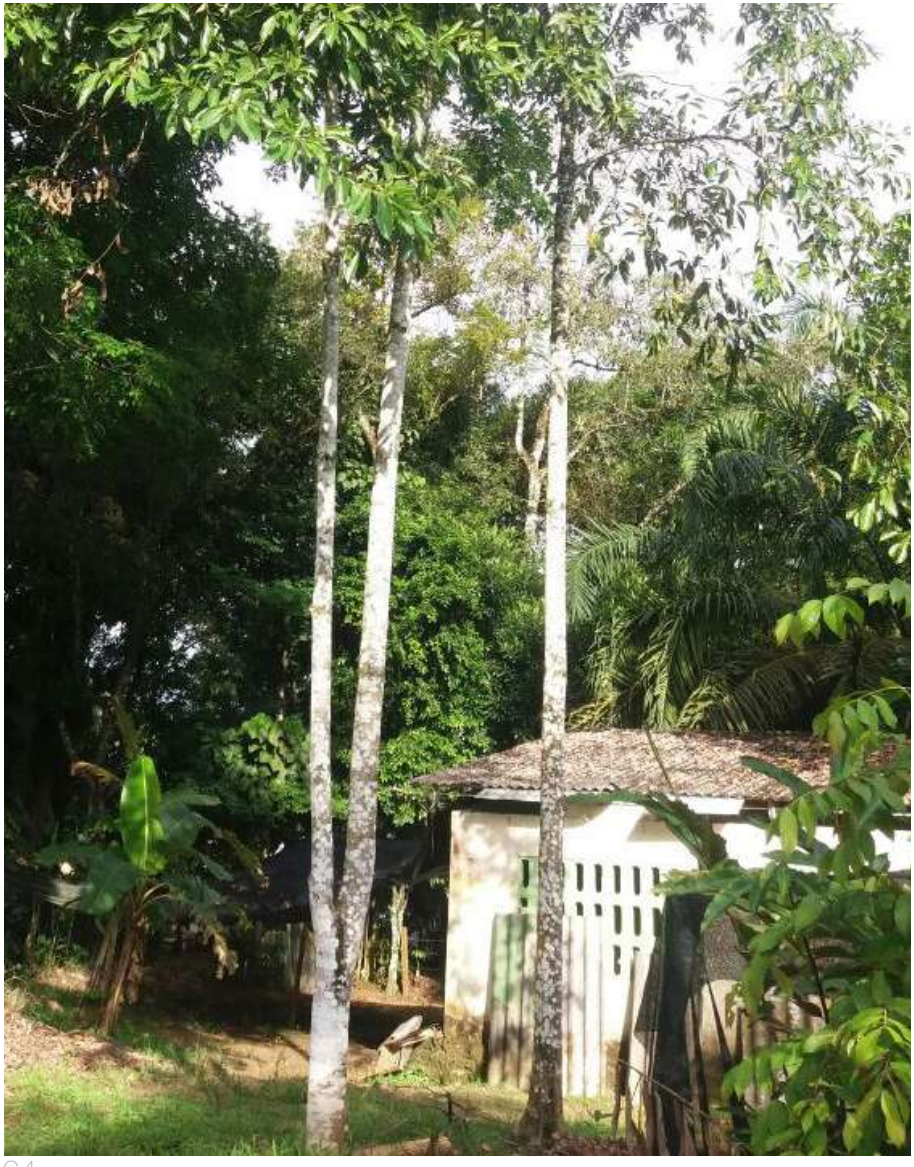
- Abarco
- Achapo
- Macano
- Ahumado
- Laurel



SISTEMA AGROFORESTAL

OBJETIVO

Diversificar y mejorar la producción agrícola y forestal para generar excedentes económicos en el corto, mediano y largo plazo.



ANTECEDENTES

Este modelo se basa en la experiencia desarrolla por Barrera *et al.*, 2010, donde se evaluó un modelo agroforestal planificando los requerimientos ecofisiológicos de las especies a asociar y se concilió esta densidad con las expectativas económicas. Las altas densidades poblacionales pueden generar en el mediano plazo cierre de dosel en el estrato alto, generado por la competencia de las especies dominantes o arbóreas como sucede con el caucho *(H. brasliliensis)* y el nogal *(Cordia alliodora)*. El copoazú *(T. grandiflorum)*, presenta características particulares al interactuar con el medio ambiente bajo el cual se desarrollan y que mediante la compresión de la ecofisiología asociada a estos modelos de producción es posible elucidar las bases de las respuestas a factores ambientales y de manejo sobre su funcionamiento en condiciones naturales y/o de cultivo.



VIABILIDAD

Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas agroforestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios (Giraldo et al., 2013)

- Mejora sustancial fertilidad de los suelos
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada
- Conservación de la biodiversidad
- Reducción de la deforestación y favorecimiento del manejo sostenible del bosque o de la sucesión vegetal
- Optimiza el uso de los recursos agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de espacios
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El modelo agroforestal propuesto se basa en 1 ha e incluye especies forestales como abarco *(Cariniana pyriformis)*, achapo *(Cedrelinga cateniformis)*, macano *(Terminalia amazonia)*, ahumado *(Minquartia guianensis)* y laurel *(Cordia alliodora)*. También se incluye el copoazú *(Theobroma grandiflorum)* como especie frutal y el plátano *(Musa* sp.*)* especie de pancoger.

El modelo consiste en el establecimiento de surcos sencillos de copoazú intercalados entre las líneas de maderables, a una distancia de siembra de 8 metros entre líneas y 5 metros entre plantas. Se establecen los maderables a distancias de 8 metros entre surcos y 8 metros entre arboles (ver diagrama). Del frutal se establecen 220 árboles y de los maderables 160 árboles por ha.

ESPECIES MADERABLES

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007,*



Árbol



Plántulas



Frutos y semillas

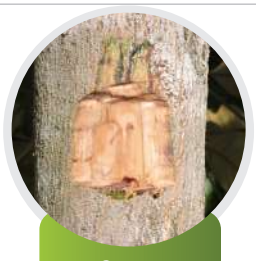
La madera de macano



Árbol



Hojas



Corteza

Es pesada y muy difícil de aserrar. Se emplea para la elaboración de pisos, zócalos, enchapados y contra chapados. También se emplea como madera estructural, madera para exteriores de vivienda, crucetas, traviesas, vigas, viguetas, postes para cerca, escaleras, herramientas y carrocerías *(Sinchi, 2012)*.

La madera de ahumado

Es pesada, de alta densidad (básica de 0,76 g/cm^3), tiene propiedades mecánicas altas y alta resistencia al impacto. Se emplea para traviesas, construcciones, ebanistería, estructuras, construcciones pesadas, carrocerías, postes y construcciones navales. *(PROEXPO, 1988).*



Árbol



Plántulas



Frutos - Flores

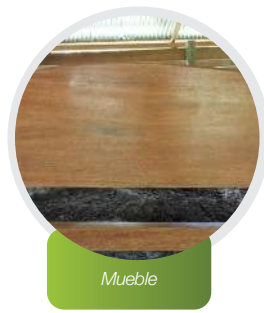
La madera de achapo

Es moderadamente dura y pesada (densidad seca al aire 0.45 g/cm^3), fácil de trabajar manualmente y con maquinaria con excepción del moldurado. Ofrece un buen acabado después de sellada la superficie y se pega fácilmente. Se utiliza en ebanistería, pisos, carretería, chapas decorativas, embalajes, triplex, tornería, carrocerías y construcciones normales *(Sinchi, 2012).*


Fuste


Inflorescencia


Plántulas


Mueble


Mueble


Madera


Árbol


Hojas


Fuste

La madera de laurel

Es liviana, con baja estabilidad dimensional. Su densidad básica está entre 0,34 y 0,46 g/cm^3. Fácil de secar al aire, presenta deformaciones y grietas leves, es considerada de muy buena calidad, fácil de trabajar y de pulir, y debido a su veteado llamativo es muy apreciada en la industria de muebles finos, decorativos de baño y de oficina, cocinas integrales, puertas, marcos y ventanas, carrocerías, artículos de escritorio, artesanías, instrumentos musicales y chapas decorativas. Igualmente, por su resistencia es utilizada en construcciones livianas, como tablillas para pisos y techos, mangos para herramientas e implementos agrícolas *(Vásquez y Ramírez, 2005).*

ESPECIE FRUTAL

El copoazú

Es una especie frutícola tropical, cuya importancia económica radica en su fruto que puede ser aprovechado en su totalidad (Rojas *et al*, 1996). La pulpa presenta altos contenidos de fosforo, pectina y contenidos medios de calcio y vitamina C. Se utiliza en la elaboración de jugos néctares, mermeladas, compotas, gelatinas y dulces. Del fruto también se aprovecha su semilla, que contiene porcentajes altos de proteína y grasa para la preparación de Chocoazú, un producto con características similares al chocolate.


Pántulas


Árbol


Flores


Fruto

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aceptados para este tipo de sistemas son los francos. La profundidad efectiva permitirá un desarrollo libre a las raíces de las plantas. Esta profundidad no puede ser menor a 80 cc (Murcia, 2007).

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%. En terrenos con pendiente mayor a 30% realizar trazado en curvas a nivel.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcilloso (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; tampoco deben tener alto contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Algunas condiciones mínimas son: precipitación (mm) 2.900, temperatura media 22°C, Brillo solar (hora/día) < 12.

ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA AGROFORESTAL

Selección y preparación del terreno

Terreno apto al requerimiento de especies seleccionadas (no muy exigentes), de preferencia cercanos a la finca. Trazado en cuadrado (si la topografía lo permite). Manejo de plántulas (si aplica) desde el momento de pregerminación (humedad, temperatura, sustrato suelto). Trasplante a sitio definitivo a 30-40 cm de altura de plántulas.

La selección del terreno deberá estar a cargo de un profesional o técnico con conocimiento de los criterios requeridos, entre estos tenemos:

- Análisis físico o prueba de cateo, para conocer las condiciones del suelo hasta una profundidad de 1.20 m, en la cual se debe determinar la profundidad efectiva que básicamente hace referencia a que no se encuentra ningún obstáculo (gravilla, capas de recebo, greda), para que las raíces de las especies a establecer en el modelo puedan tener buen anclaje y haya buen desarrollo de las raíces secundarias.
- El nivel freático es un factor determinante por ello se debe revisar que los suelos no sean totalmente arenosos, que tengan buen drenaje, que no tengan arcilla o greda de color azul, blanco o gris, estas últimas limitan que la raíz profundice, debe existir equilibrio entre arena, limo y arcilla y rico en materia organiza.

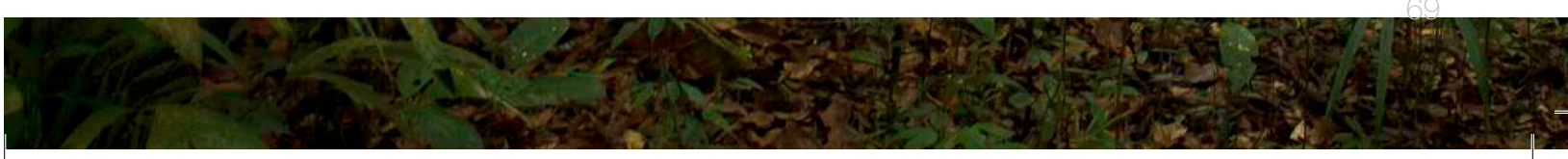
Una vez se seleccione el terreno se debe tomar una muestra del suelo, para enviar al laboratorio y determinar con base en estos resultados el plan de fertilización.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se debe determinar la orientación de los surcos, ubicándolos de oriente a occidente o norte a suroccidente, de acuerdo a la ubicación del lote, donde se debe tener en cuenta las corrientes de aire, ya que esto incide la propagación de plagas y enfermedades y el desarrollo del cultivo. Se debe determinar la pendiente del terreno, para así definir la ubicación de los surcos (si hay pendiente fuerte, se debe sembrar en curvas a nivel).

Ahoyado: Se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm, sobre todo en suelos que presenten alto grado de compactación. Si es posible se deben aplicar correctivos, aplicando una tonelada de cal dolomita por hectárea, labor que se debe realizar con un mes de anterioridad ya que es un cultivo en asocio. Al momento de la siembra deberá aplicarse al hueco 150 gr de roca fosfórica o calfos, con estos bajaríamos la acides del pH y la saturación de aluminios; condiciones características de los suelos del departamento de Caquetá.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco los 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), en lo posible colocar de 2 a 3 Kg de materia orgánica (Bocashi o gallinaza ente otros con estado de descomposición aceptable).



MANEJO

Para cada arreglo productivo y las especies que lo componen, se programa la ejecución de los planes de resiembra, fertilización y podas. En estos planes se establece periodicidad, épocas de labores, magnitud de las labores, materiales, insumos, herramientas y equipos (Giraldo, 2004). Las acciones de limpias de las zonas se definen para realizarlas cada tres meses, realizando plateos a cada uno de los individuos, En este mismo periodo se aplican los preparados orgánicos de bocashi y Súper – 4.

Podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina), para evitar el ataque de agentes patógenos. En general, para especies con tasas de crecimiento en diámetros mayores a 2 cm/año y en altura mayores a 2 m/año, acciones de podas de formación a los 18 meses del establecimiento. Para especies con valores de crecimiento menores a los citados, la poda de formación inicia a los 30 meses de establecimiento.

Para abarco y achapo

La primera poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para macano y laurel

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

Para ahumado

La primera poda se efectúa a los 30 meses de establecimiento.

Para copoazú

A los 12 meses se inicia el control de las ramificaciones y chupones para prevenir la manifestación de la enfermedad conocida como *"Escoba de bruja"*. A los 3 o 4 años, con el inicio de la producción de frutos se deben monitorear las condiciones de temperatura y humedad para controlar la incidencia del hongo denominado "*Monilia"*.







DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especies maderables


Abarco


Achapo


Macano


Ahumado

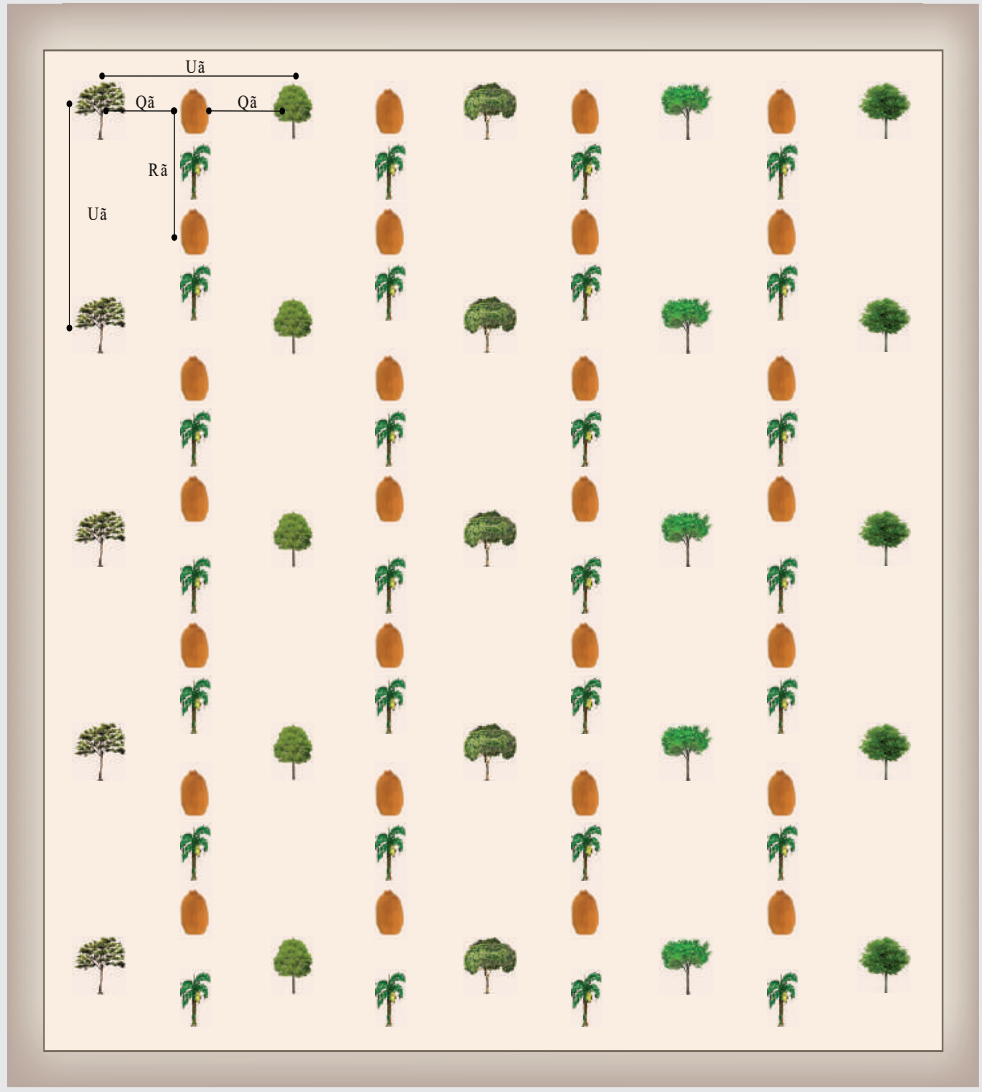

Laurel

Especie frutal


Copoazú

Especie pancoger


Plátano



Fuente (Sinchi 2021).



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	32
Achapo	32
Macano	32
Ahumado	32
Laurel	32
Copoazú	250
Plátano	350
TOTAL	760

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	32
Año 1 (Mantenimiento)	37
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	24
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	24

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	760	$ 1,520,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

*: Se establece estos valores previendo que al final del proceso se hace proteccion con cercos y postes para 4 ha. Si se establece una sola hectárea el número para alambre es de 4 rollos y 160 postes. *Fuente (Sinchi 2021).*

Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Maderables																				
Copoazú																				
Pancoger																				

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Abarco	2,344	32	23	53,255,68		
Achapo	2,39	32	23	54,300,8		
Macano	0,37	32	23	8,406,4		
Ahumado	0,1	32	23	2,272		
Laurel	0,32	32	23	7,270,4		
TOTAL		160		125,505,28		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 62,125,113,6	$9,318,767,04
				Año 21 (40%)	$ 41,416,742,4	$ 6,212,511,36
TOTAL					$ 103,541,856	$ 15,531,278,4

(Fuente: Sinchi, 2021)



Costos de producción y beneficios proyectados

Copoazu	
Arboles /ha	250
Produccion por arbol (No frutos)	15
Peso promedio/fruto (kg)	2
Produccion/ha (kg/ha)	7500
Rendimiento de pulpa / kg	22%
Produccion de pulpa por hectárea. (kg / ha)	1650
Rendimiento en grano seco / kg	8%
Produccion grano seco por hectárea (kg / ha)	600
Costo Pulpa / Kg	$ 2.200
Costo grano seco / kg	$ 2.500
Precio de venta de kilogramo de grano seco	$ 3.500
Precio de venta de kilogramo de pulpa	$ 2.000
Ingresos por pulpa / ha	$ 5.775.000
Ingresos por grano / ha	$ 1.200.000
Total Ingresos / ha	$ 6.975.000
Costos obtención de Pulpa / ha	$ 3.630.000
Costos obtención de grano seco / ha	$ 1.500.000
Total costos aprovechamiento / ha	$ 5.130.000

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.404.000	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Sostenimiento	2.590.000	1.680.000	1.680.000	1.680.000	11.760.000	6.720.000	0	0	0	
	producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0	0	
	mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0	
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	0	8.042.455	5.361.637	
	Aprovechamiento Pancoger	300.000	300.000	300.000	300.000	0	0	0	0	0	
	Aprovechamiento Copoazú	0	0	5.130.000	5.130.000	35.910.000	0	0	0	0	
Costos (año)		9.775.200	3.055.200	8.185.200	8.185.200	48.745.200	6.720.000	0	8.042.455	5.361.637	98.070.092
Ingresos	Pancoger	1.000.000	780.000	780.000	780.000	0	0	0	0	0	3.340.000
	Copoazú	0	0	6.975.000	6.975.000	48.825.000	0	0	0	0	62.775.000
	Maderables	0	0	0	0	0	0	0	32.169.821	21.446.547	53.616.368
		1.000.000	780.000	7.755.000	7.755.000	48.825.000	0	0	32.169.821	21.446.547	119.731.368
NETO		-8.775.200	-2.275.200	-430.200	-430.200	79.800	-6.720.000	0	24.127.366	16.084.910	21.661.276



VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Según se observa, los mayores costos ocurren en el año 1 (de establecimiento), y hay un flujo negativo a partir del año 11 por la salida del componente agrícola. El componente forestal al final del ciclo determina en buena medida la rentabilidad del sistema.

» TIR	16%
» Rel B/C	1,31
» VPN	$ 5.579,77
» DTF	8%
» INGRESOS EN VPN	$ 65.913,67
» EGRESOS EN VPN	$ 55.451,41

Valores en miles de pesos (000)

Fuente (Sinchi 2021).



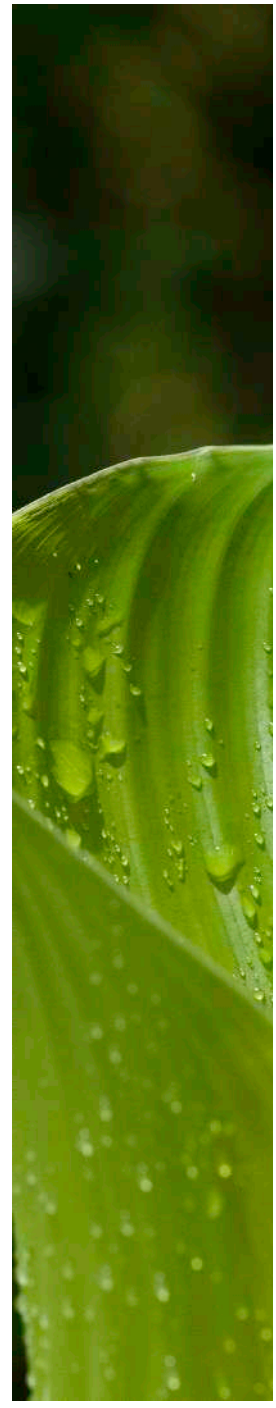












Modelo agroforestal 6:

Caucho | Cacao | Plátano



SISTEMA AGROFORESTAL

OBJETIVO

Diversificar y mejorar la producción agrícola y forestal para generar excedentes económicos en el corto, mediano y largo plazo

ANTECEDENTES

Este modelo se basa en la propuesta de ASOHECA 2013, que combina cacao, caucho y plátano en Caquetá y se ajusta a la propuesta de Fedecacao que menciona este arreglo con especies de sombrío transitorio. Para el modelo de plátano se ha utilizado 50% de plátano y 50% en higuerilla, papaya, matarratón, guandúl, crotalaria, etc. En el modelo de caucho, esta especie se ha propuesto para una destinación a doble propósito sombrío maderable y látex. La doble barrera se establece con orientación oriente– occidente. Fedecacao, 2013.





VIABILIDAD

Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas agroforestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios (Giraldo et al., 2013).

- Mejora sustancial fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificad.
- Conservación de la biodiversidad.
- Reducción de la deforestación y favorecimiento del manejo sostenible del bosque o de la sucesión vegetal.
- Optimiza el uso de los recursos agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de espacios.
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El modelo agroforestal propuesto se basa en 1 ha e incluye al caucho *(Hevea brasiliensis)* como especie principal, asociado con cacao *(Teobroma cacao)* como especie frutal y al plátano *(Musa* sp.*)* como especie de pancoger.

El caucho se establece en líneas dobles a una distancia de 2.5 m entre árboles y 3 m entre líneas. Las calles que separan las líneas dobles tienen una distancia de 14 m de ancho. En total se establecen 470 arboles de caucho por hectárea de los clones FX 4098 o FDR 5788. En las calles que separan las líneas dobles de caucho se siembran 4 líneas de árboles de cacao de los clones TSH 565, CCN-51 e ICS-39, a una distancia de 3 m entre árboles y 3 m entre líneas.

Como sombrío en los 3 primeros años de establecido el arreglo, se incluyen en medio de las líneas de cacao, líneas sencillas de plátano a 2.5 m entre plantas.

ESPECIE PRINCIPAL

El caucho

Es una especie productora de látex. Este látex se emplea como materia prima para la obtención del caucho natural, el cual es ampliamente utilizado en la fabricación de neumáticos, llantas, productos impermeables y aislantes, debido a sus propiedades de elasticidad, resistente al agua, aislante de la temperatura y de la electricidad. La madera del caucho se aprovecha una vez que el árbol ha disminuido su producción de látex. Se utiliza para la elaboración de muebles, revestimientos de suelos, tableros de madera, rieles, enchapes y construcciones de interiores.



Árbol



Plántulas



Látex

El cacao



Hojas



Fruto

Es una especie frutal tropical, rica en grasas (40-50%), fibra, magnesio, zinc y vitamina B. Contiene alcaloides tales como teobromina (1.5-3%) y cafeína, que le confieren propiedades estimulantes. De las semillas se obtiene la cocoa y el chocolate, productos utilizados para la fabricación de dulces, confites, helado y bebidas. La grasa que contienen las semillas (manteca de cacao), se utiliza en la industria cosmética para fabricar cremas humectantes y jabones, y también se emplea para la elaboración de productos farmacéuticos.

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aceptados para este tipo de sistemas son los francos. La profundidad efectiva permitirá un desarrollo libre a las raíces de las plantas. Esta profundidad no puede ser menor a 80 cm (Murcia, 2007).

Relieve

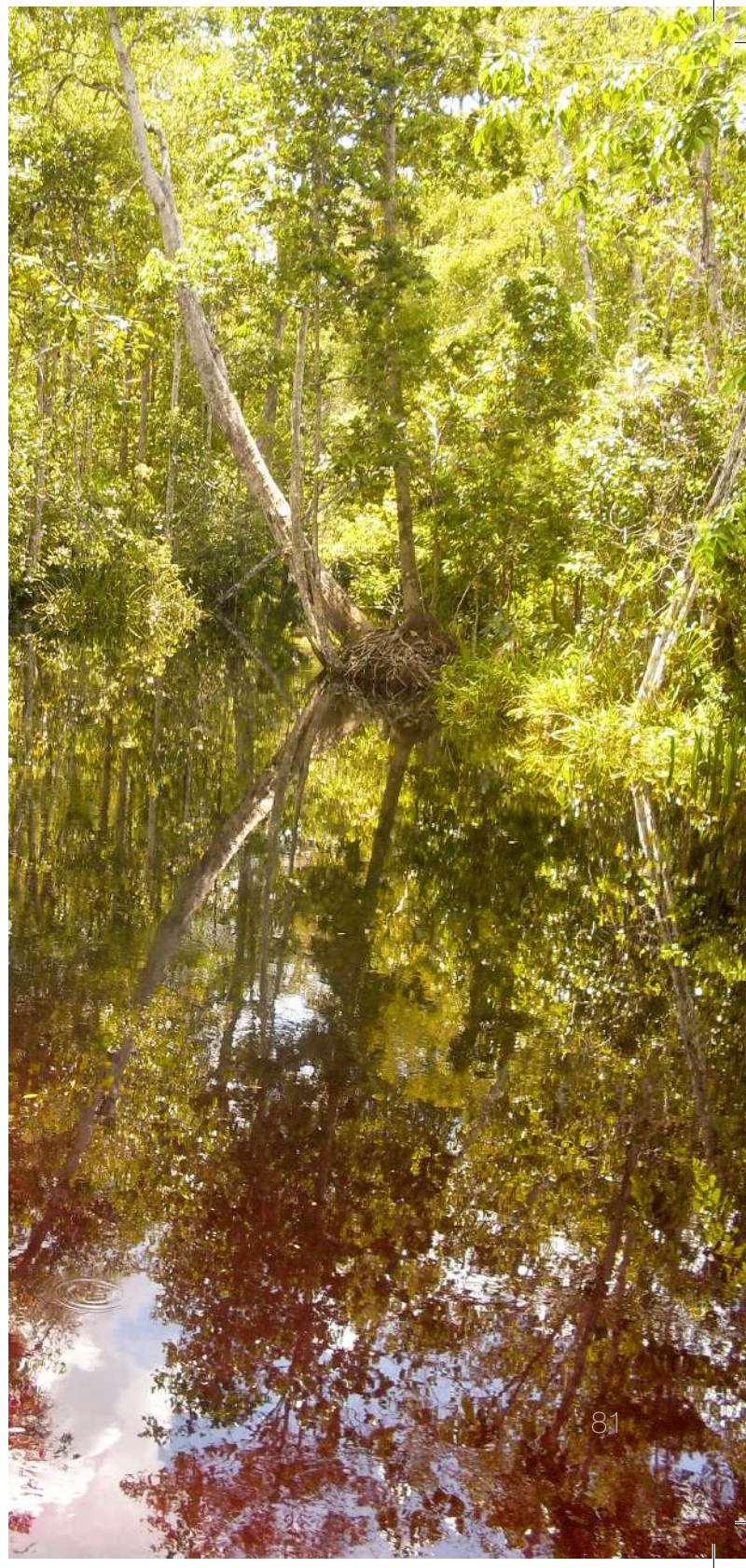
El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%. En terrenos con pendiente mayor a 30% realizar trazado en curvas a nivel.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcilloso (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; tampoco deben tener alto contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Algunas condiciones mínimas son: precipitación (mm) 2.900, temperatura media 22°C, Brillo solar (hora/día) < 12.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA AGROFORESTAL

Selección y preparación del terreno

Terreno apto al requerimiento de especies seleccionadas (no muy exigentes), de preferencia cercanos a la finca. Trazado en cuadrado (si la topografía lo permite). Manejo de plántulas (si aplica) desde el momento de pregerminación (humedad, temperatura, sustrato suelto). Trasplante a sitio definitivo a 30-40 cm de altura de plántulas.

La selección del terreno deberá estar a cargo de un profesional o técnico con conocimiento de los criterios requeridos, entre estos tenemos:

- Análisis físico o prueba de cateo, para conocer las condiciones del suelo hasta una profundidad de 1.20 m, en la cual se debe determinar la profundidad efectiva que básicamente hace referencia a que no se encuentra ningún obstáculo (gravilla, capas de recebo, greda), para que las raíces de las especies a establecer en el modelo puedan tener buen anclaje y haya buen desarrollo de las raíces secundarias.
- El nivel freático es un factor determinante por ello se debe revisar que los suelos no sean totalmente arenosos, que tengan buen drenaje, que no tengan arcilla o greda de color azul, blanco o gris, estas últimas limitan que la raíz profundice, debe existir equilibrio entre arena, limo y arcilla y rico en materia organiza.

Una vez se seleccione el terreno se debe tomar una muestra del suelo, para enviar al laboratorio y determinar con base en estos resultados el plan de fertilización.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se debe determinar la orientación de los surcos, ubicándolos de oriente a occidente o norte a suroccidente, de acuerdo a la ubicación del lote, donde se debe tener en cuenta las corrientes de aire, ya que esto incide la propagación de plagas y enfermedades y el desarrollo del cultivo. Se debe determinar la pendiente del terreno, para así definir la ubicación de los surcos (si hay pendiente fuerte, se debe sembrar en curvas a nivel).

Ahoyado: Se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm, para el caso de las especies que van en asocio con el caucho; para el caucho los hoyos deben ser de 40 cm x 40 cm x 60 cm, sobre todo en suelos que presenten alto grado de compactación. Si es posible se deben aplicar correctivos, aplicando una tonelada de cal dolomita por hectárea mecanizada, labor que se debe realizar con un mes de anterioridad ya que es un cultivo en asocio. Al momento de la siembra del caucho deberá aplicarse al hueco 150 gr de roca fosfórica o calfos, con estos bajaríamos la acides del pH y la saturación de aluminios; condiciones características de los suelos del departamento de Caquetá.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco los 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), en lo posible colocar de 2 a 3 Kg de materia orgánica (Bocashi o gallinaza ente otros con estado de descomposición aceptable).

MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para caucho

Se debe tener en cuenta que la labor de manejo inicia con la deschuponada que es producto del corte de las ramas que salen en el tallo principal debajo de los 2.5 m de altura.

Para cacao

La poda de formación se realiza a partir de los 2 años de establecido con ello se logra un rápido desarrollo del área foliar, para lo cual se eliminan las puntas de las ramas que van hacia el suelo, procurando siempre un crecimiento erecto con ramas bien orientadas, formadas a una altura conveniente y esto se realiza durante toda la vida útil de la planta.





DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especie principal



Caucho

Especie pancoger



Plátano

Especie frutal

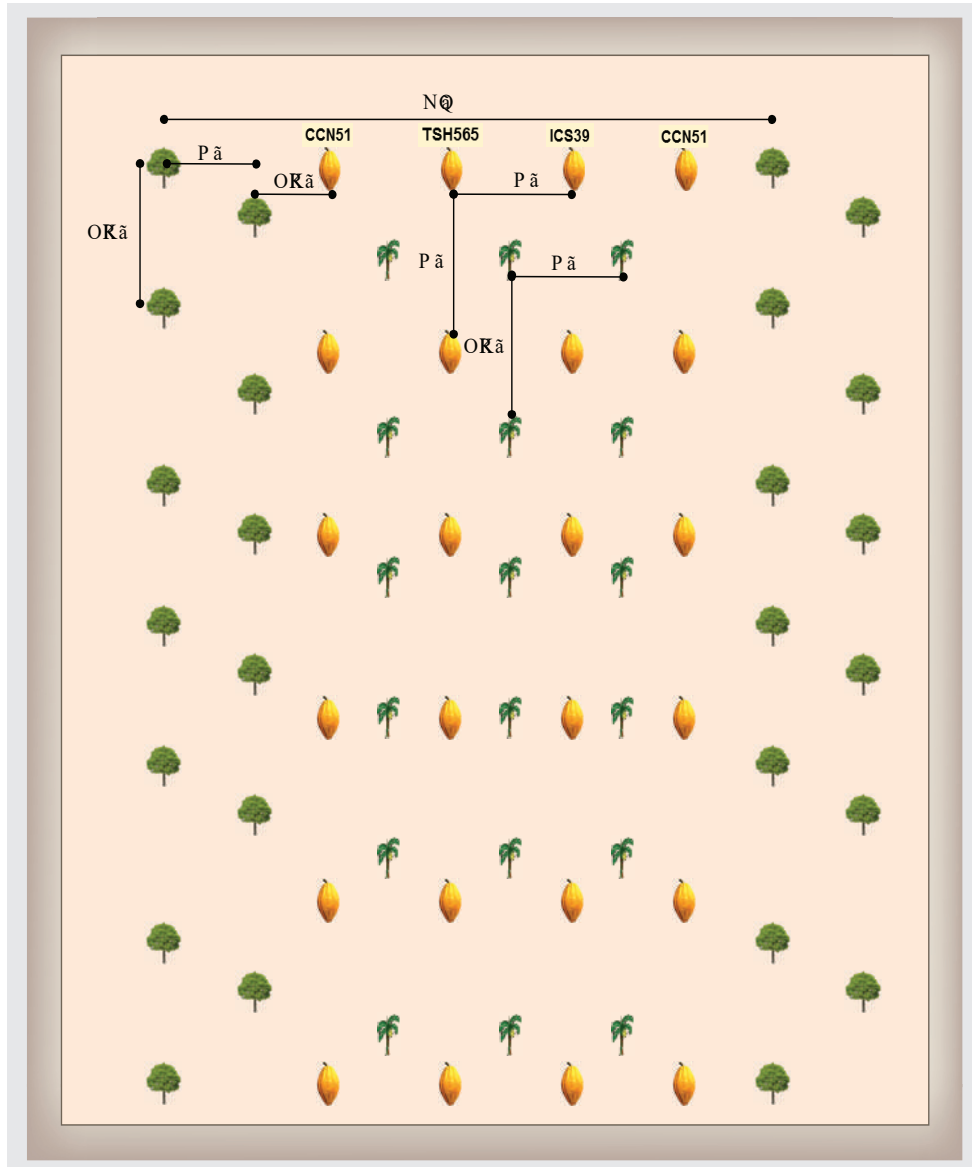


Clones de Cacao

CCN51

TSH565

ICS39



Fuente (Sinchi 2021).



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Cacao	734
Plátano	650
Caucho	500
TOTAL	1884

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	32
Año 1 (Mantenimiento)	37
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	24
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	24

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	1884	$ 3,768,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 565,200
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

*: Se establece estos valores previendo que al final del proceso se hace proteccion con cercos y postes para 4 ha.Si se establece una sola hectárea el número para alambre es de 4 rollos y 160 postes.

Fuente (Sinchi 2021).

Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Caucho																				
Cacao																				
Pancoger																				



Producción fruto / Arbol / Año cacao	cm 3
Año 1	
Año 2	40
Año 3	40
Año 4	40
Año 5	50
Año 6	50
Año 7	50
Año 8	50
Año 9	50
Año 10	50
Año 11	50

Producción latex de caucho por arbol	cm 3
Año 1	0
Año 2	0
Año 3	0
Año 4	0
Año 5	0
Año 6	70
Año 7	70
Año 8	100
Año 9	100
Año 10	150
Año 11	150
Año 12	200
Año 13	200
Año 14	200
Año 15	200
Año 16	200
Año 17	200
Año 18	200
Año 19	200
Año 20	200
Año 21	200







Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	8.390.200	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Sostenimiento	2.590.000	1.680.000	1.680.000	1.680.000	11.760.000	6.720.000	0	0	0	
	producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0	0	
	mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0	
	Instalacion y mantenimiento Caucho	5.000	5.000	5.000	5.000						
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	54.000.000	67.500.000	5.906.250	16.875.000	16.875.000	
	Aprovechamiento Pancoger	1.625.000	1.625.000	1.625.000	1.625.000	0	0	0	0	0	
	Aprovechamiento Cacao	0	1.761.600	1.761.600	1.761.600	15.414.000	0	0	0	0	
Ingresos		15.091.400	6.146.800	6.146.800	6.146.800	82.249.200	74.220.000	5.906.250	16.875.000	16.875.000	229.205.050
Costos (año)	Platano	3.250.000	3.250.000	3.250.000	3.250.000	0	135.000.000				
	Cacao	0	3.523.200	3.523.200	3.523.200	30.828.000	0	0	0	0	41.397.600
	Caucho	0	0	0	0						
	Maderables	0	0	0	0	15.060.000	0	0	32.169.821	21.446.547	68.676.368
		3.250.000	6.773.200	6.773.200	6.773.200	153.888.000	209.220.000	0	32.169.821	21.446.547	440.293.968
NETO		-11.841.400	626.400	626.400	626.400	71.638.800	135.000.000	-5.906.250	15.294.821	4.571.547	210.636.718



VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Según se observa, los mayores costos ocurren en el año 1 (de establecimiento) y hay un flujo negativo del año 5 al 8 por la salida del componente agrícola. El componente caucho al final del ciclo determina en buena medida la rentabilidad del sistema.

» TIR	13%
» Rel B/C	1,23
» VPN	$ 4.270,03
» DTF	8%
» INGRESOS EN VPN	$ 60.440,01
» EGRESOS EN VPN	$ 51.692,94

Valores en miles de pesos (000)

Fuente (Sinchi 2021).









Modelo de enriquecimiento 1:

Abarco | Milpo | Cachicamo | Cuyubí



SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE

OBJETIVO

Promover el uso y aprovechamiento sostenible de las coberturas boscosas de las unidades productivas, de manera que faciliten la generación de ingresos y el mejoramiento de las condiciones ambientales, mediante la implementación de sistemas de enriquecimiento.

ANTECEDENTES

El arreglo de enriquecimiento en fajas es la plantación más extendida en la Amazonia (Navarrete, 2004). Este método es un arreglo de regeneración de bosque artificial, donde la regeneración natural es complementada con la plantación de especies forestales comercialmente valiosas (Flores, 2002). Este es un sistema de poca intensidad de siembra y se encuentra en zonas donde se ha practicado la extracción selectiva de madera cosechando los individuos que tienen un valor comercialmente alto, dejando en pie los otros árboles.

El Instituto SINCHI ha implementado este sistema de enriquecimiento forestal en su Estación Experimental El Trueno y en fincas de productores, bajo diferentes asocios de especies productoras de maderas finas con periodos cortos y largos de aprovechamiento, donde ha evaluado la sobrevivencia, el crecimiento, el rendimiento y las técnicas silviculturales de cada una de las especies establecidas. Estas especies son: abarco *(Cariniana pyriformis)*,a *(Cedrelinga cateniformis),* brasil *(Aspidosperma spruceanum)* cabo de hacha (*Aspidosperma excelsum),* cachicamo *(Calophyllum brasiliense),* caruto *(Genipa americana)*, cuyubí *(Minquartia guianensis),* granadillo *(Terminalia* sp.*)*, guacamayo *(Apuleia moralis)*, macano *(Terminalia amazonia)*, milpo *(Erisma uncinatum)*, palo de arco *(Tabebuia serratifolia).*

(Fuente. Sinchi 2021).



VIABILIDAD

Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada.
- Conserva la biodiversidad.
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal.
- Optimiza los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios.
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

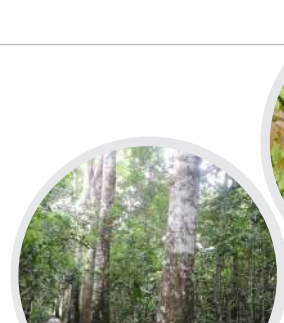
El sistema de enriquecimiento de bosque con alta intervención o rastrojos, propuesto para fincas de agricultores, se establece en una matriz de bosque con cuatro especies productoras de madera fina con periodos de corta diferente. Las especies de rápido crecimiento se extraen a edades más tempranas (20 años), abriendo espacio para el desarrollo de las especies de lento crecimiento.

Para la implementación de este modelo las especies se establecen de acuerdo con su comportamiento en cuanto a crecimiento y desarrollo; es decir el orden de establecimiento va de la especie que presenta mayor tasa de crecimiento en altura y diámetro, y cantidad de follaje, hasta la que presenta menor tasa; esto con el fin de proporcionar un crecimiento óptimo de las especies sin generar competencia por luz y nutrientes. En este modelo se establece el abarco *(Cariniana pyriformis),* como especie principal, asociado con milpo *(Erisma uncinatum)*, cachicamo *(Calophyllum brasiliense)* y cuyubí, *(Minquartia guianensis).* El modelo consiste en el establecimiento de líneas o fajas de árboles dispuestas en bloque por especie, a una distancia de siembra de 8 metros entre fajas y 5 metros entre plantas para un total de 260 árboles por hectárea. Cada faja de árboles debe tener un ancho de 2 a 3 metros (ver diagrama). De la especie principal se establece un bloque con 4 fajas de árboles (80 individuos/ha) y para las especies asociadas se establece un bloque con 3 fajas de árboles por especie (60 individuos por especie asociada/ha).

ESPECIES MADERABLES

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012).*


Árbol


Plántulas


Frutos y semillas


Árbol


Plántulas


Flores - Frutos

La madera de cuyubí

Es pesada, de alta densidad (básica de 0,76 g/cm^3), tiene propiedades mecánicas altas y alta resistencia al impacto. Se emplea para traviesas, construcciones, ebanistería, estructuras, construcciones pesadas, carrocerías, postes y construcciones navales. *(PROEXPO, 1988).*

La madera de cachicamo

Es moderadamente pesada (densidad seca al aire 0.6-0.75 g/cm^3), durable, resistente al agua y de rápido secado. La madera es usada en construcciones generales, construcciones navales, ebanistería, pisos, puentes, traviesas, postes, decorados de interior, chapas y durmientes *(Sinchi, 2012).*



Árbol



Foliolo



Inflorescencia



Flores



Corteza



Árbol



Frutos

La madera de milpo

Tiene un peso específico de 0,48 g/cm^3 que la hace óptima para ser utilizada en ebanistería fina, además presenta rápida velocidad de secado (5,5 días), es fácil de preservar, y de fácil trabajabilidad. Se utiliza en carpintería, cajonería, tablas, divisiones interiores, vigas de techos, embalajes, tableros aglomerados, tableros enlistonados y construcciones en general *(WWF, 2013).*

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aptos para este tipo de sistemas son los francos con una profundidad efectiva de 80 cm, con pendiente leve y que no se encharquen. Esto con el fin de facilitar el desarrollo libre de las raíces para la nutrición y anclaje de las plantas (Murcia, 2007).

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; ni tampoco con altos contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Condiciones ambientales que las especies de la Amazonia colombiana toleran:

- Precipitación 2.900 mm.
- Temperatura media 22°C.
- Brillo solar promedio anual de 5 a 6 horas luz.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO FORESTAL

Selección y preparación del terreno

Las especies forestales seleccionadas no son exigentes en condiciones de fertilidad natural de los suelos de la zona de superficie de denudación. En estas zonas predominan condiciones bajas de fertilidad natural, con alta saturación de aluminio, suelos ácidos a extremadamente ácidos, drenaje moderado y bajos contenidos de materia orgánica.

- La selección del terreno se realiza por técnicos en compañía del agricultor, verificando el tipo de cobertura boscosa y se utiliza el barreno para conocer las condiciones de profundidad efectiva y composiciones del terreno (se valoran los contenidos de gravilla, capas de recebo o greda).
- Se identifican las condiciones que permiten un buen anclaje y desarrollo de las raíces y un drenaje moderado.
- Se establece profundidades mínimas de 60 cm que no presenten limitantes para la profundización de las raíces.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se realiza de acuerdo con la orientación de oriente occidente, definiendo la distancia y el ancho de las fajas y el punto de siembra de los árboles para facilitar el ahoyado.

Limpieza de las fajas: deben de tener como mínimo 2 metros de ancho bien abiertas desde abajo hasta la parte de arriba para facilitar la entrada de luz a la planta y proporcionar una ventaja sobre la vegetación existente.

Ahoyado: se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), aplicar 2 kilos de abono orgánico (bocashi) mezclando homogéneamente con la tierra hasta cubrir las ¾ partes del hoyo, retirar la plántula de la bolsa verificando que no tenga problemas la raíz (cola de marrano), ubicar la plántula en el centro del hoyo y completar con tierra haciendo un poco de presión con las manos tratando de eliminar los espacios de aire en el suelo.











MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para abarco

La primer poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para cachicamo y milpo

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

Para cuyubí

La primera poda se efectúa a los 30 meses de establecimiento.

En el departamento de Guaviare se debe efectuar la poda, en el período comprendido entre abril a septiembre, que corresponde a la temporada de mayor intensidad de lluvias. Se recomienda ejecutar las labores en la tarde, luego de la puesta del sol.

(Fuente: Sinchi 2004).

DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especies maderables


Abarco


Milpo


Cachicamo


Cuyubí

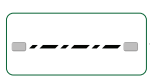
Bosque intervenido o rastrojo



Faja de 3 m de ancho



Cerca inerte





Distancias de siembra

8 metros entre fajas por 5 metros entre árboles. En las fajas periféricas la distancia de la cerca a la primer faja es de 4 metros y en los extremos de la faja la distancia es de 2,5 metros.

Fuente (Sinchi 2021).



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	80
Milpo	60
Cachicamo	60
Cuyubí	60
TOTAL	260

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	26
Año 1 (Mantenimiento)	34
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	18
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	18

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	260	$ 520,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 103,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

*Estos valores se establecen previendo que al final del proceso se hace protección con cercos y postes para 4 ha.
Si se establece una sola hectárea el número es de 4 rollos de alambre de púa y 160 postes.

Fuente (Sinchi 2021).



Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Maderables																					

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Abarco	2,344	80	64,8	151,8912		
Cuyubí	0,225	60	48,6	10,935		
Milpo	0,6957	60	48,6	33,81102		
Cachicamo	1,055	60	48,6	51,273		
TOTAL		260	210,6	247,91022		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 122,715,558,9	$ 18,407,333,835
				Año 21 (40%)	$ 81,810,372,6	$ 12,271,555,89
TOTAL					$ 204,525,931,5	$ 30,678,889,725

*Corresponde a valores obtenidos de venta de madera en Guaviare.
Se compra pieza de madera en $15.000, y un metro cubico de madera tiene 33 piezas

Fuente (Sinchi 2021).

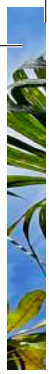


Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.270.000	0	0	0	0	0	0	0		
	Sostenimiento	2.380.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	13.860.000	0	0	0		
	producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0		
	mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0		
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	18.407.334	12.271.556		
Costos (año)		9.131.200	2.335.200	2.335.200	2.335.200	13.860.000	0	18.407.334	12.271.556	60.675.690	
Ingresos (año)	Maderables	0	0	0	0	0	0	122.715.559	81.810.373	204.525.932	
NETO		-9.131.200	-2.335.200	-2.335.200	-2.335.200	-13.860.000	0	104.308.225	69.538.817	143.850.242	98.070.092
Ingresos	Pancoger	1.000.000	780.000	780.000	780.000	0	0	0	0	0	3.340.000
	Copoazú	0	0	6.975.000	6.975.000	48.825.000	0	0	0	0	62.775.000
	Maderables	0	0	0	0	0	0	0	32.169.821	21.446.547	53.616.368
		1.000.000	780.000	7.755.000	7.755.000	48.825.000	0	0	32.169.821	21.446.547	119.731.368
NETO		-8.775.200	-2.275.200	-430.200	-430.200	79.800	-6.720.000	0	24.127.366	16.084.910	21.661.276

Fuente (Sinchi 2021).





VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Los mayores costos ocurren en el año 1 durante el establecimiento del sistema. En los 4 primeros años se generan costos por mantenimiento, la actividad de producción y aplicación de abonos orgánicos. A partir del segundo año hasta el año 15 se mantienen los costos de las labores silviculturales de podas de formación. En el año 20 se realiza la primera fase de aprovechamiento del sistema que es del 60% hasta el año 21 se realiza el aprovechamiento del sistema en su totalidad generando excedentes importantes.
Con estos valores se obtiene:

- Tasa Interna de Retorno: 13%
- Relación Beneficio / Costo: 3,71
- Valor Presente Neto: $ 11.346,48

DTF para cálculos: 8%

Fuente (Sinchi 2021).








Modelo de enriquecimiento 2:

Abarco | Achapo | Amarillo | Cuyubí



SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE

OBJETIVO

Promover la utilización y aprovechamiento sostenible de las coberturas boscosas de las unidades productivas, de manera que faciliten la generación de ingresos y el mejoramiento de las condiciones ambientales, mediante la implementación de sistemas de enriquecimiento.

ANTECEDENTES

El arreglo de enriquecimiento en fajas es la plantación más extendida en la Amazonia (Navarrete, 2004). Este método es un arreglo de regeneración de bosque artificial, donde la regeneración natural es complementada con la plantación de especies forestales comercialmente valiosas (Flores, 2002). Este es un sistema de poca intensidad de siembra y se encuentra en zonas donde se ha practicado la extracción selectiva de madera cosechando los individuos que tienen un valor comercialmente alto, dejando en pie los otros árboles.

El Instituto SINCHI ha implementado este sistema de enriquecimiento forestal en su Estación Experimental el Trueno y en fincas de productores, bajo diferentes asocios de especies productoras de maderas finas con períodos cortos y largos de aprovechamiento, donde ha evaluado la sobrevivencia, el crecimiento, el rendimiento y las técnicas silviculturales de cada una de las especies establecidas. Estas especies son: abarco *(Cariniana pyriformis),* achapo *(Cedrelinga cateniformis),* brasil *(Aspidosperma spruceanum)* cabo de hacha (*Aspidosperma excelsum)*, cachicamo (*Calophyllum brasiliense),* caruto *(Genipa americana),* cuyubí *(Minquartia guianensis)*, granadillo *(Terminalia* sp.*)*, guacamayo *(Apuleia moralis)*, macano *(Terminalia amazonia)*, milpo *(Erisma uncinatum)*, palo de arco *(Tabebuia serratifolia).*

(Fuente. Sinchi 2021).

VIABILIDAD



Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada.
- Conserva la biodiversidad.
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal.
- Optimiza los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios.
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El sistema de enriquecimiento de bosque con alta intervención o rastrojos, propuesto para fincas de agricultores, se establece en una matriz de bosque con cuatro especies productoras de madera fina con períodos de corta diferente. Las especies de rápido crecimiento se extraen a edades más tempranas (20 años), abriendo espacio para el desarrollo de las especies de lento crecimiento.

Para la implementación de este modelo las especies se establecen de acuerdo con su comportamiento en cuanto a crecimiento y desarrollo; es decir el orden de establecimiento va de la especie que presenta mayor tasa de crecimiento en altura y diámetro, y cantidad de follaje, hasta la que presenta menor tasa; esto con el fin de proporcionar un crecimiento óptimo de las especies sin generar competencia por luz y nutrientes. En este modelo se establece el abarco *(Cariniana pyriformis)* como especie principal, asociado con achapo *(Cedrelinga cateniformis),* amarillo *(Centrolobium paraense)* y cuyubí, (*Minquartia guianensis).*

El modelo consiste en el establecimiento de líneas o fajas de árboles dispuestas en bloque por especie, a una distancia de siembra de 8 metros entre fajas y 5 metros entre plantas para un total de 260 árboles por hectárea. Cada faja de árboles debe tener un ancho de 2 a 3 metros (ver diagrama). De la especie principal se establece un bloque con 4 fajas de árboles (80 individuos/ha) y para las especies asociadas se establece un bloque con 3 fajas de árboles por especie (60 individuos por especie asociada/ha).

ESPECIES MADERABLES

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012).*


Árbol


Plántulas


Frutos


Árbol


Plántulas


Flores y Frutos

La madera de cuyubí

Es pesada, de alta densidad (básica de 0,76 g/cm^3), tiene propiedades mecánicas altas y alta resistencia al impacto. Se emplea para traviesas, construcciones, ebanistería, estructuras, construcciones pesadas, carrocerías, postes y construcciones navales. *(PROEXPO, 1988).*

La madera de achapo

Es moderadamente dura y pesada (densidad seca al aire 0.45 g/cm^3), fácil de trabajar manualmente y con maquinaria con excepción del moldurado. Ofrece un buen acabado después de sellada la superficie y se pega fácilmente. Se utiliza en ebanistería, pisos, carretería, chapas decorativas, embalajes, triplex, tornería, carrocerías y construcciones normales *(Sinchi, 2012).*





La madera de amarillo

Se utiliza en la fabricación de carbón pesado. Además es considerada madera fina, muy fácil de trabajar, por lo que tiene muchos usos en carpintería y ebanistería, en la fabricación de muebles, construcciones interiores, enchapados, mangos de herramientas, pisos, entre otros. *(López, et al., 2016).*

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aptos para este tipo de sistemas son los francos con una profundidad efectiva de 80 cm, con pendiente leve y que no se encharquen. Esto con el fin de facilitar el desarrollo libre de las raíces para la nutrición y anclaje de las plantas (Murcia, 2007).

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; ni tampoco con altos contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Condiciones ambientales que las especies de la Amazonia colombiana toleran:

- Precipitación 2.900 mm.
- Temperatura media 22°C.
- Brillo solar promedio anual de 5 a 6 horas luz.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO FORESTAL

Selección y preparación del terreno

Las especies forestales seleccionadas no son exigentes en condiciones de fertilidad natural de los suelos de la zona de superficie de denudación. En estas zonas predominan condiciones bajas de fertilidad natural, con alta saturación de aluminio, suelos ácidos a extremadamente ácidos, drenaje moderado y bajos contenidos de materia orgánica.

- La selección del terreno se realiza por técnicos en compañía del agricultor, verificando el tipo de cobertura boscosa y se utiliza el barreno para conocer las condiciones de profundidad efectiva y composiciones del terreno (se valoran los contenidos de gravilla, capas de recebo o greda).
- Se identifican las condiciones que permiten un buen anclaje y desarrollo de las raíces y un drenaje moderado.
- Se establece profundidades mínimas de 60 cm que no presenten limitantes para la profundización de las raíces.

Trazado, ahoyado y siembra

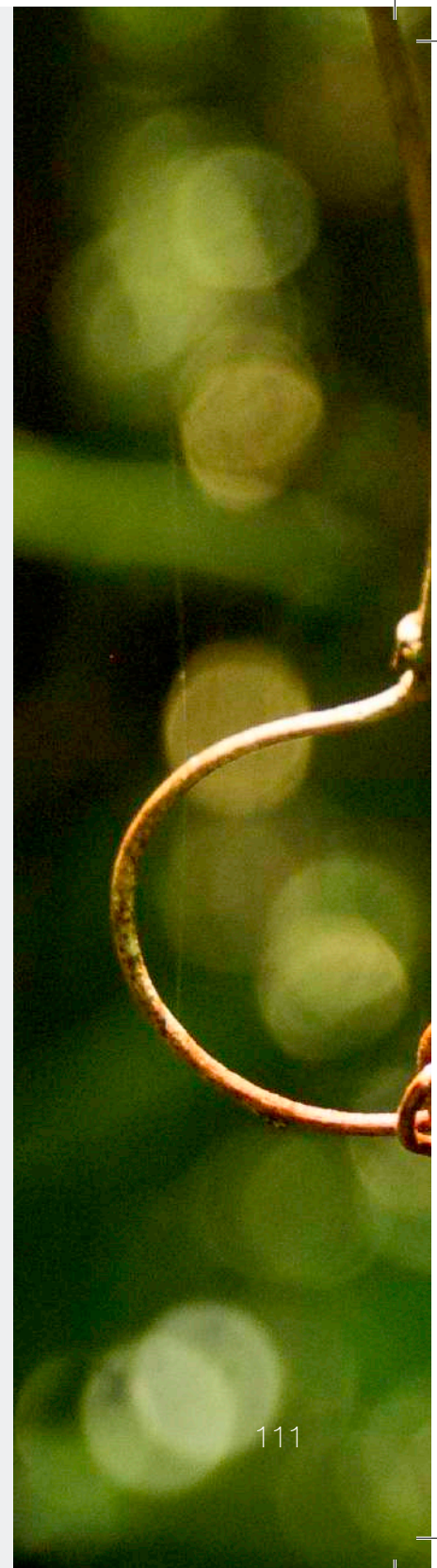
Trazado: Se realiza de acuerdo con la orientación de oriente occidente, definiendo la distancia y el ancho de las fajas y el punto de siembra de los árboles para facilitar el ahoyado.

Limpieza de las fajas: deben de tener como mínimo 2 metros de ancho bien abiertas desde abajo hasta la parte de arriba para facilitar la entrada de luz a la planta y proporcionar una ventaja sobre la vegetación existente.

Ahoyado: se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), aplicar 2 kilos de abono orgánico (bocashi), mezclando homogéneamente con la tierra hasta cubrir las ¾ partes del hoyo, retirar la plántula de la bolsa verificando que no tenga problemas la raíz (cola de marrano), ubicar la plántula en el centro del hoyo y completar con tierra haciendo un poco de presión con las manos tratando de eliminar los espacios de aire en el suelo.













MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para abarco y achapo

La primer poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para amarillo

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

Para cuyubí

La primera poda se efectúa a los 30 meses de establecimiento.

En el departamento de Guaviare se debe efectuar la poda, en el período comprendido entre abril a septiembre, que corresponde a la temporada de mayor intensidad de lluvias. Se recomienda ejecutar las labores en la tarde, luego de la puesta del sol

(Fuente: Sinchi 2004).

DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especies maderables


Abarco


Achapo


Amarillo


Cuyubí

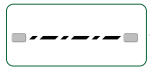
Bosque intervenido o rastrojo

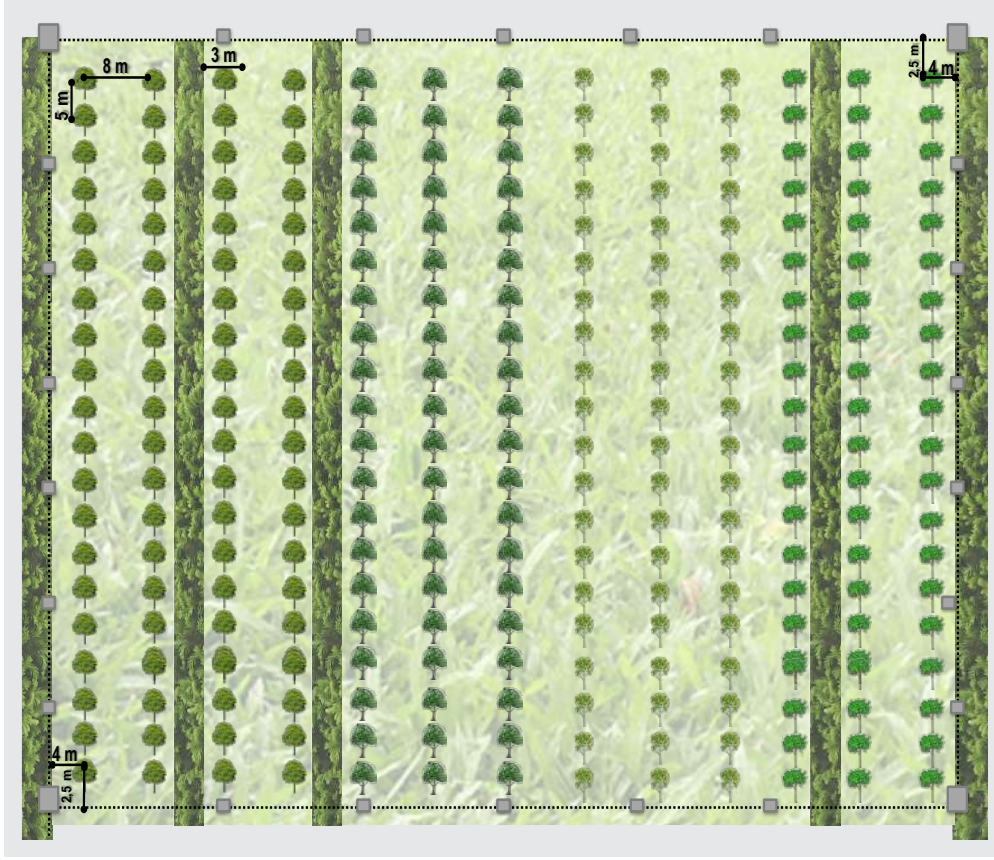


Faja de 3 m de ancho



Cerca inerte





Distancias de siembra

8 metros entre fajas por 5 metros entre árboles. En las fajas periféricas la distancia de la cerca a la primer faja es de 4 metros y en los extremos de la faja la distancia es de 2,5 metros.

Fuente (Sinchi 2021).



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	80
Milpo	60
Cachicamo	60
Cuyubí	60
TOTAL	260

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	26
Año 1 (Mantenimiento)	34
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	18
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	18

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$ 1.340.000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450.000
Grapas	kg	3	$ 27.000
Material vegetal	Unidad	260	$ 520,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos **	Kit	global	$ 2.481.200

*Estos valores se establecen previendo que al final del proceso se hace protección con cercos y postes para 4 ha.
Si se establece una sola hectárea el número es de 4 rollos de alambre de púa y 160 postes.

Fuente (Sinchi 2021).



Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Maderables																					

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Abarco	2,344	80	64,8	151,8912		
Achapo	2,3877	60	48,6	116,04222		
Amarillo	1,055	60	48,6	51,273		
Cuyubí	0,225	60	48,6	10,935		
TOTAL		260	210,6	330,14142		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 163.420.002,9	$ 24.513.000,4
				Año 21 (40%)	$ 108.946.668,6	$ 16.342.000,3
TOTAL					$ 272.366.671,5	$ 40.855.000,7

*Corresponde a valores obtenidos de venta de madera en Guaviare.
Se compra pieza de madera en $15.000, y un metro cubico de madera tiene 33 piezas

Fuente (Sinchi 2021).



Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.270.000	0	0	0	0	0	0	0		
	Sostenimiento	2.380.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	13.860.000	0	0	0		
	producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0		
	mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0		
		0	0	0	0	0	0	24.513.000	16.342.000		
Costos (año)		9.131.200	2.335.200	2.335.200	2.335.200	13.860.000	0	24.513.000	16.342.000	70.851.801	
Ingresos (año)	Maderables	0	0	0	0	0	0	163.420.003	108.946.669	272.366.672	
NETO		-9.131.200	-2.335.200	-2.335.200	-2.335.200	-13.860.000	0	138.907.002	92.604.668	201.514.871	98.070.092
Ingresos	Pancoger	1.000.000	780.000	780.000	780.000	0	0	0	0	0	3.340.000
	Copoazú	0	0	6.975.000	6.975.000	48.825.000	0	0	0	0	62.775.000
	Maderables	0	0	0	0	0	0	0	32.169.821	21.446.547	53.616.368
		1.000.000	780.000	7.755.000	7.755.000	48.825.000	0	0	32.169.821	21.446.547	119.731.368
NETO		-8.775.200	-2.275.200	-430.200	-430.200	79.800	-6.720.000	0	24.127.366	16.084.910	21.661.276

Fuente (Sinchi 2021).

VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Los mayores costos ocurren en el año 1 durante el establecimiento del sistema. En los 4 primeros años se generan costos por mantenimiento, la actividad de producción y aplicación de abonos orgánicos. A partir del segundo año hasta el año 15 se mantienen los costos de las labores silviculturales de podas de formación. En el año 20 se realiza la primera fase de aprovechamiento del sistema que es del 60% hasta el año 21 se realiza el aprovechamiento del sistema en su totalidad generando excedentes importantes.
Con estos valores se obtiene:

- Tasa Interna de Retorno: 15%
- Relación Beneficio / Costo: 4,16
- Valor Presente Neto: $ 18.536,80

DTF para cálculos: 8%

Fuente (Sinchi 2021).








Modelo de enriquecimiento 3:

Abarco | Achapo | Amarillo | Cachicamo



SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE

OBJETIVO

Promover la utilización y aprovechamiento sostenible de las coberturas boscosas de las unidades productivas, de manera que faciliten la generación de ingresos y el mejoramiento de las condiciones ambientales, mediante la implementación de sistemas de enriquecimiento.

ANTECEDENTES

El arreglo de enriquecimiento en fajas es la plantación más extendida en la Amazonia (Navarrete, 2004). Este método es un arreglo de regeneración de bosque artificial, donde la regeneración natural es complementada con la plantación de especies forestales comercialmente valiosas (Flores, 2002). Este es un sistema de poca intensidad de siembra y se encuentra en zonas donde se ha practicado la extracción selectiva de madera cosechando los individuos que tienen un valor comercialmente alto, dejando en pie los otros árboles.

El Instituto SINCHI ha implementado este sistema de enriquecimiento forestal en su Estación Experimental El Trueno y en fincas de productores, bajo diferentes asocios de especies productoras de maderas finas con periodos cortos y largos de aprovechamiento, donde ha evaluado la sobrevivencia, el crecimiento, el rendimiento y las técnicas silviculturales de cada una de las especies establecidas. Estas especies son: abarco *(Cariniana pyriformis)*, achapo *(Cedrelinga cateniformis)*, brasil *(Aspidosperma spruceanum)* cabo de hacha *(Aspidosperma excelsum),* cachicamo *(Calophyllum brasiliense)*, caruto *(Genipa americana)*, cuyubí *(Minquartia guianensis)*, granadillo *(Terminalia sp.)*, guacamayo *(Apuleia moralis)*, macano *(Terminalia amazonia)*, milpo *(Erisma uncinatum)*, palo de arco *(Tabebuia serratifolia).*

(Fuente. Sinchi 2021).



VIABILIDAD

Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada.
- Conserva la biodiversidad.
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal.
- Optimiza los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios.
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El sistema de enriquecimiento de bosque con alta intervención o rastrojos, propuesto para fincas de agricultores, se establece en una matriz de bosque con cuatro especies productoras de madera fina con períodos de corta diferente. Las especies de rápido crecimiento se extraen a edades más tempranas (20 años), abriendo espacio para el desarrollo de las especies de lento crecimiento.

Para la implementación de este modelo las especies se establecen de acuerdo con su comportamiento en cuanto a crecimiento y desarrollo; es decir el orden de establecimiento va de la especie que presenta mayor tasa de crecimiento en altura, diámetro y cantidad de follaje, hasta la que presenta menor tasa; esto con el fin de proporcionar un crecimiento óptimo de las especies sin generar competencia por luz y nutrientes. En este modelo se establece el abarco *(Cariniana pyriformis)* como especie principal, asociado con achapo (*Cedrelinga cateniformis*), amarillo *(Centrolobium paraense)* y cachicamo *(Calophyllum brasiliense).*

El modelo consiste en el establecimiento de líneas o fajas de árboles dispuestas en bloque por especie, a una distancia de siembra de 8 metros entre fajas y 5 metros entre plantas para un total de 260 árboles por hectárea. Cada faja de árboles debe tener un ancho de 2 a 3 metros (ver diagrama). De la especie principal se establece un bloque con 4 fajas de árboles (80 individuos/ha) y para las especies asociadas se establece un bloque con 3 fajas de árboles por especie (60 individuos por especie asociada/ha).

ESPECIES MADERABLES

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012).*


Árbol


Plántulas


Frutos y semillas


Árbol


Hoja


Plántula


Fruto

La madera de amarillo

Se utiliza en la fabricación de carbón pesado. Además es considerada madera fina, muy fácil de trabajar, por lo que tiene muchos usos en carpintería y ebanistería, en la fabricación de muebles, construcciones interiores, enchapados, mangos de herramientas, pisos, entre otros. *(López, et al., 2016).*

La madera de achapo

Es moderadamente dura y pesada (densidad seca al aire 0.45 g/cm3), fácil de trabajar manualmente y con maquinaria con excepción del moldurado. Ofrece un buen acabado después de sellada la superficie y se pega fácilmente. Es utilizada en ebanistería, pisos, carretería, chapas decorativas, embalajes, triplex, tornería, carrocerías y construcciones normales *(Sinchi, 2012).*


Fuste


Inflorescencia


Pedazo Madera


Plántulas


Mueble


Mueble


Inflorescencia


Árbol


Foliolo

La madera de cachicamo

Es moderadamente pesada (densidad seca al aire 0.6-0.75 g/cm3), durable, resistente al agua y de rápido secado. La madera es usada en construcciones generales, construcciones navales, ebanistería, pisos, puentes, traviesas, postes, decorados de interior, chapas y durmientes *(Sinchi, 2012).*

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aptos para este tipo de sistemas son los francos con una profundidad efectiva de 80 cm, con pendiente leve y que no se encharquen. Esto con el fin de facilitar el desarrollo libre de las raíces para la nutrición y anclaje de las plantas *(Murcia, 2007).*

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; ni tampoco con altos contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Condiciones ambientales que las especies de la Amazonia colombiana toleran:

- Precipitación 2.900 mm.
- Temperatura media 22°C.
- Brillo solar promedio anual de 5 a 6 horas luz.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO FORESTAL

Selección y preparación del terreno

Las especies forestales seleccionadas no son exigentes en condiciones de fertilidad natural de los suelos de la zona de superficie de denudación. En estas zonas predominan condiciones bajas de fertilidad natural, con alta saturación de aluminio, suelos ácidos a extremadamente ácidos, drenaje moderado y bajos contenidos de materia orgánica.

- La selección del terreno se realiza por técnicos en compañía del agricultor, verificando el tipo de cobertura boscosa y se utiliza el barreno para conocer las condiciones de profundidad efectiva y composiciones del terreno (se valoran los contenidos de gravilla, capas de recebo o greda).
- Se identifican las condiciones que permiten un buen anclaje y desarrollo de las raíces y un drenaje moderado.
- Se establece profundidades mínimas de 60 cm que no presenten limitantes para la profundización de las raíces.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se realiza de acuerdo con la orientación de oriente occidente, definiendo la distancia y el ancho de las fajas y el punto de siembra de los árboles para facilitar el ahoyado.

Limpieza de las fajas: deben de tener como mínimo 2 metros de ancho bien abiertas desde abajo hasta la parte de arriba para facilitar la entrada de luz a la planta y proporcionar una ventaja sobre la vegetación existente.

Ahoyado: se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), aplicar 2 kilos de abono orgánico (bocashi) mezclando homogéneamente con la tierra hasta cubrir las ¾ partes del hoyo, retirar la plántula de la bolsa verificando que no tenga problemas la raíz (cola de marrano), ubicar la plántula en el centro del hoyo y completar con tierra haciendo un poco de presión con las manos tratando de eliminar los espacios de aire en el suelo.











MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para abarco y achapo

La primer poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para amarillo y cachicamo

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

En el departamento de Guaviare se debe efectuar la poda, en el período comprendido entre abril a septiembre, que corresponde a la temporada de mayor intensidad de lluvias. Se recomienda ejecutar las labores en la tarde, luego de la puesta del sol

(Fuente. Sinchi 2004).

DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especies maderables


Abarco


Achapo


Amarillo


Cachicamo

Bosque intervenido o rastrojo

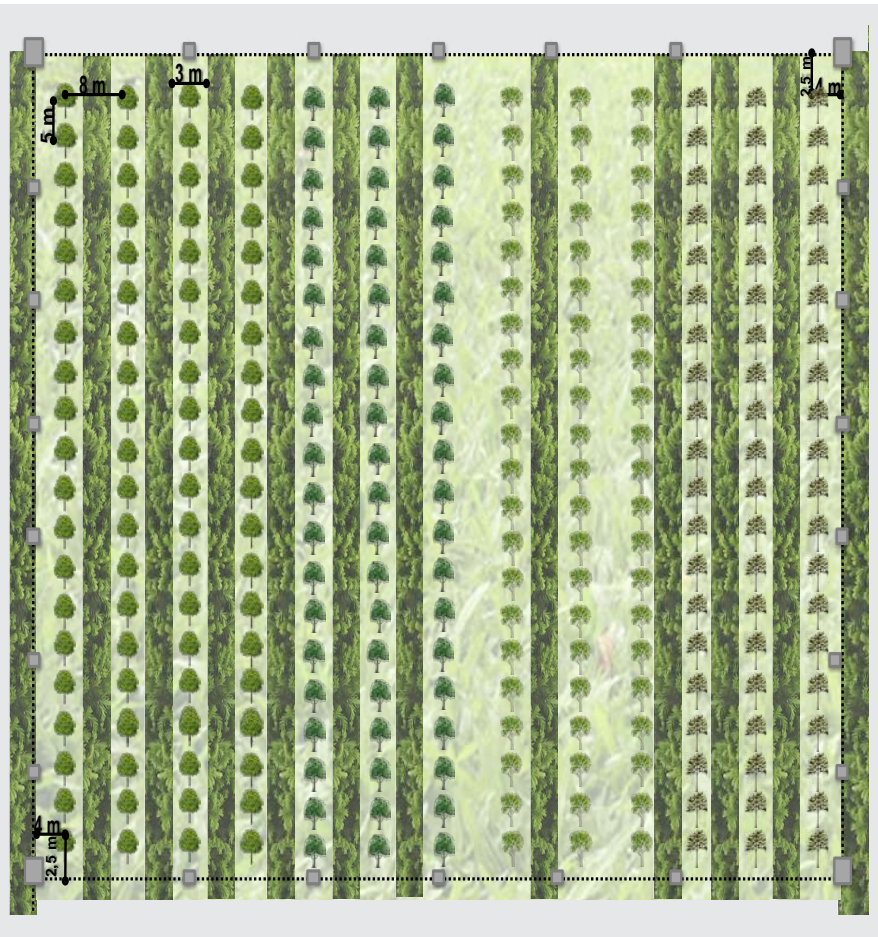


Faja de 3 m de ancho



Cerca inerte





Distancias de siembra

8 metros entre fajas por 5 metros entre árboles. En las fajas periféricas la distancia de la cerca a la primer faja es de 4 metros y en los extremos de la faja la distancia es de 2,5 metros.

Fuente (Sinchi 2013).



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	80
Achapo	60
Amarillo	60
Cachicamo	60
TOTAL	260

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	26
Año 1 (Mantenimiento)	34
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	18
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	18

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$ 1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	Kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	260	$ 520,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

*Se establece estos valores previendo que al final del proceso se hace proteccion con cercos y postes para 4 ha.
Si se establece una sola hectárea el número para alambre es de 4 rollos y 160 postes.

Fuente (Sinchi 2021).



Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Maderables																					

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Abarco	2,344	80	64,8	151,8912		
Achapo	2,3872	60	48,6	116,01792		
Amarillo	1,055	60	48,6	51,273		
Cachicamo	1,055	60	48,6	51,273		
TOTAL		260		370,45512		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 183.375.284,4	$ 27.506.292,7
				Año 21 (40%)	$ 122.250.189,6	$ 18.337.528,4
TOTAL					$ 305.625.474,0	$ 45.843.821,1

*Corresponde a valores obtenidos de venta de madera en Guaviare.
Se compra pieza de madera en $15.000, y un metro cubico de madera tiene 33 piezas

Fuente (Sinchi 2021).



Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años								TOTAL
		1	2	3	4	5 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0	
	Sostenimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Producción limpia	9.131.200	2.335.200	2.335.200	2.335.200	1.260.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	
	Mantenimiento producción limpia	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	0	0	
Costos (año)		9.131.200	3.410.400	3.410.400	3.410.400	1.260.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	24.402.400
Ingresos (año)	Maderables	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NETO		-9.131.200	-3.410.400	-3.410.400	-3.410.400	-1.260.000	-1.260.000	-1.260.000	-1.260.000	-24.402.400

VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Los mayores costos ocurren en el año 1 durante el establecimiento del sistema. En los 4 primeros años se generan costos por mantenimiento, la actividad de producción y aplicación de abonos orgánicos. A partir del segundo año hasta el año 15 se mantienen los costos de las labores silviculturales de podas de formación. En el año 20 se realiza la primera fase de aprovechamiento del sistema que es del 60% hasta el año 21 se realiza el aprovechamiento del sistema en su totalidad generando excedentes importantes.

Con estos valores se obtiene:

- Tasa Interna de Retorno: 15%
- Relación Beneficio / Costo: 4.33
- Valor Presente Neto: $ 22.061,84

DTF para cálculos: 8%

Fuente (Sinchi 2021).








Modelo de enriquecimiento 4:

Abarco | Milpo | Algarrobo | Cuyubí



SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE

OBJETIVO

Promover la utilización y aprovechamiento sostenible de las coberturas boscosas de las unidades productivas, de manera que faciliten la generación de ingresos y el mejoramiento de las condiciones ambientales, mediante la implementación de sistemas de enriquecimiento forestal de bosques o rastrojos.

ANTECEDENTES

El arreglo de enriquecimiento en fajas es la plantación más extendida en la Amazonia (Navarrete, 2004). Este método es un arreglo de regeneración de bosque artificial, donde la regeneración natural es complementada con la plantación de especies forestales comercialmente valiosas (Flores, 2002). Este es un sistema de poca intensidad de siembra y se encuentra en zonas donde se ha practicado la extracción selectiva de madera cosechando los individuos que tienen un valor comercialmente alto, dejando en pie los otros árboles.

El Instituto SINCHI ha implementado este sistema de enriquecimiento forestal en su Estación Experimental El Trueno y en fincas de productores, bajo diferentes asocios de especies productoras de maderas finas con periodos cortos y largos de aprovechamiento, donde ha evaluado la sobrevivencia, el crecimiento, el rendimiento y las técnicas silviculturales de cada una de las especies establecidas. Estas especies son: abarco (*Cariniana pyriformis*), achapo (*Cedrelinga cateniformis*), brasil (*Aspidosperma spruceanum*) cabo de hacha (*Aspidosperma excelsum*), cachicamo (*Calophyllum brasiliense*), caruto (*Genipa americana*), cuyubí (*Minquartia guianensis*), granadillo (*Terminalia* sp.), guacamayo (*Apuleia moralis*), macano (*Terminalia amazonia*), milpo (*Erisma uncinatum*), palo de arco (*Tabebuia serratifolia*).

(Fuente. Sinchi 2021).



VIABILIDAD

Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada.
- Conserva la biodiversidad.
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal.
- Optimiza los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios.
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El sistema de enriquecimiento de bosque con alta intervención o rastrojos, propuesto para fincas de agricultores, se establece en una matriz de bosque con cuatro especies productoras de madera fina con períodos de corta diferente. Las especies de rápido crecimiento se extraen a edades más tempranas (20 años), abriendo espacio para el desarrollo de las especies de lento crecimiento.

Para la implementación de este modelo las especies se establecen de acuerdo con su comportamiento en cuanto a crecimiento y desarrollo; es decir el orden de establecimiento va de la especie que presenta mayor tasa de crecimiento en altura, diámetro y cantidad de follaje, hasta la que presenta menor tasa; esto con el fin de proporcionar un crecimiento óptimo de las especies sin generar competencia por luz y nutrientes. En este modelo se establece el abarco *(Cariniana pyriformis)* como especie principal, asociado con milpo *(Erisma uncinatum)*, algarrobo *(Hymenaea oblongifolia)* y cuyubí, *(Minquartia guianensis).*

El modelo consiste en el establecimiento de líneas o fajas de árboles dispuestas en bloque por especie, a una distancia de siembra de 8 metros entre fajas y 5 metros entre plantas para un total de 260 árboles por hectárea. Cada faja de árboles debe tener un ancho de 2 a 3 metros (ver diagrama). De la especie principal se establece un bloque con 4 fajas de árboles (80 individuos/ha) y para las especies asociadas se establece un bloque con 3 fajas de árboles por especie (60 individuos por especie asociada/ha).

ESPECIES MADERABLES

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012)*.


Árbol


Plántulas


Frutos y semillas


Árbol


Flor


Fruto


Corteza

La madera de milpo

Tiene un peso específico de 0,48 g/cm^3 que la hace óptima para ser utilizada en ebanistería fina, además presenta rápida velocidad de secado (5,5 días), es fácil de preservar, y de fácil trabajabilidad. Se utiliza en carpintería, cajonería, tablas, divisiones interiores, embalajes, tableros aglomerados, tableros enlistonados y construcciones en general *(WWF, 2013)*.

La madera de algarrobo

Es muy dura y de alta resistencia mecánica. Es compleja de trabajar debido a su dureza, pero se comporta bien en el cepillado. La madera es utilizada para chapas decorativas, construcciones pesadas, pisos, carretería, artículos deportivos, tornería, mangos de herramientas y muebles *(WWF, 2013)*.



Árbol



Frutos - Semillas



Hojas



Plántulas



Fuste



Flores - Fruto



Árbol



Plántulas

La madera de cuyubí

Es pesada, de alta densidad (básica de 0,76 g/cm^3), tiene propiedades mecánicas altas y alta resistencia al impacto. Se emplea para traviesas, construcciones, ebanistería, estructuras, construcciones pesadas, carrocerías, postes, construcciones navales y tacos de billar *(PROEXPO, 1988)*.

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aptos para este tipo de sistemas son los francos con una profundidad efectiva de 80 cm, con pendiente leve y que no se encharquen. Esto con el fin de facilitar el desarrollo libre de las raíces para la nutrición y anclaje de las plantas *(Murcia, 2007).*

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; ni tampoco con altos contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Condiciones ambientales que las especies de la Amazonia colombiana toleran:

- Precipitación 2.900 mm.
- Temperatura media 22°C.
- Brillo solar promedio anual de 5 a 6 horas luz.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO FORESTAL

Selección y preparación del terreno

Las especies forestales seleccionadas no son exigentes en condiciones de fertilidad natural de los suelos de la zona de superficie de denudación. En estas zonas predominan condiciones bajas de fertilidad natural, con alta saturación de aluminio, suelos ácidos a extremadamente ácidos, drenaje moderado y bajos contenidos de materia orgánica.

- La selección del terreno se realiza por técnicos en compañía del agricultor, verificando el tipo de cobertura boscosa y se utiliza el barreno para conocer las condiciones de profundidad efectiva y composiciones del terreno (se valoran los contenidos de gravilla, capas de recebo o greda).
- Se identifican las condiciones que permiten un buen anclaje y desarrollo de las raíces y un drenaje moderado.
- Se establece profundidades mínimas de 60 cm que no presenten limitantes para la profundización de las raíces.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se realiza de acuerdo con la orientación de oriente occidente, definiendo la distancia y el ancho de las fajas y el punto de siembra de los árboles para facilitar el ahoyado.

Limpieza de las fajas: deben de tener como mínimo 2 metros de ancho bien abiertas desde abajo hasta la parte de arriba para facilitar la entrada de luz a la planta y proporcionar una ventaja sobre la vegetación existente.

Ahoyado: se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), aplicar 2 kilos de abono orgánico (bocashi) mezclando homogéneamente con la tierra hasta cubrir las ¾ partes del hoyo, retirar la plántula de la bolsa verificando que no tenga problemas la raíz (cola de marrano), ubicar la plántula en el centro del hoyo y completar con tierra haciendo un poco de presión con las manos tratando de eliminar los espacios de aire en el suelo.











MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para abarco

La primera poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para milpo

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

Para algarrobo y cuyubí

La primera poda se efectúa a los 30 meses de establecimiento.

En el departamento de Guaviare se debe efectuar la poda, en el periodo comprendido entre abril a septiembre, que corresponde a la temporada de mayor intensidad de lluvias. Se recomienda ejecutar las labores en la tarde, luego de la puesta del sol.

(Fuente. Sinchi 2004).

DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especies maderables


Abarco


Cuyubí


Algarrobo


Milpo

Bosque intervenido o rastrojo

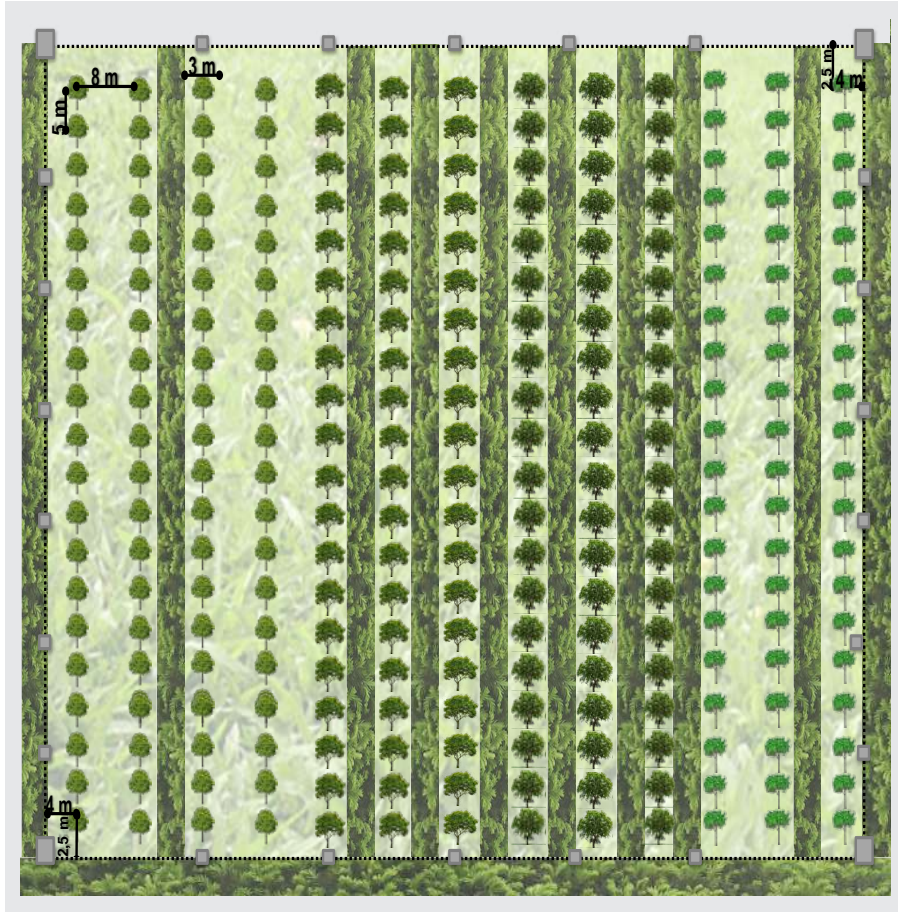


Faja de 3 m de ancho



Cerca inerte





Distancias de siembra

8 metros entre fajas por 5 metros entre árboles. En las fajas periféricas la distancia de la cerca a la primer faja es de 4 metros y en los extremos de la faja la distancia es de 2,5 metros.

Fuente (Sinchi 2021).



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	80
Milpo	60
Algarrobo	60
Cuyubí	60
TOTAL	260

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	26
Año 1 (Mantenimiento)	34
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	18
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	18

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$ 1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	260	$ 520,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

*Se establece estos valores previendo que al final del proceso se hace proteccion con cercos y postes para 4 ha. Si se establece una sola hectárea el número para alambre es de 4 rollos y 160 postes.

Fuente (Sinchi 2021).



Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Maderables																					

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Abarco	2,344	80	64,8	151,8912		
Milpo	0,6957	60	48,6	33,81102		
Algarrobo	0,6957	60	48,6	33,81102		
Cuyubí	0,225	60	48,6	10,935		
TOTAL		260		230,44824		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 114.071.878,8	$ 17.110.781,8
				Año 21 (40%)	$ 76.047.919,2	$ 11.407.187,9
TOTAL					$ 190.119.798,0	$ 28.517.969,7

*Corresponde a valores obtenidos de venta de madera en Guaviare.
Se compra pieza de madera en $15.000, y un metro cubico de madera tiene 33 piezas

Fuente (Sinchi 2021).



Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años								TOTAL
		1	2	3	4	5 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.270.000	0	0	0	0	0	0	0	
	Sostenimiento	2.380.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	0	0	0	
	Producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0	
	Mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0	
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	17.110.782	11.407.188	
Costos (año)		9.131.200	2.335.200	2.335.200	2.335.200	1.260.000	0	17.110.782	11.407.188	45.914.770
Ingresos (año)	Maderables	0	0	0	0	0	0	114.071.879	76.047.919	190.119.798
NETO		-9.131.200	-2.335.200	-2.335.200	-2.335.200	-1.260.000	0	96.961.097	64.640.731	144.205.028

VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Los mayores costos ocurren en el año 1 durante el establecimiento del sistema. En los 4 primeros años se generan costos por mantenimiento, la actividad de producción y aplicación de abonos orgánicos. A partir del segundo año hasta el año 15 se mantienen los costos de las labores silviculturales de podas de formación. En el año 20 se realiza la primera fase de aprovechamiento del sistema que es del 60% hasta el año 21 se realiza el aprovechamiento del sistema en su totalidad generando excedentes importantes.

Con estos valores se obtiene:

- Tasa Interna de Retorno: 12%
- Relación Beneficio / Costo: 3,59
- Valor Presente Neto: $ 9.819.6

DTF para cálculos: 8%

Fuente (Sinchi 2021).








Modelo de enriquecimiento 5:

Abarco | Cachicamo | Milpo | Algarrobo



SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE

OBJETIVO

Promover la utilización y aprovechamiento sostenible de las coberturas boscosas de las unidades productivas, de manera que faciliten la generación de ingresos y el mejoramiento de las condiciones ambientales, mediante la implementación de sistemas de enriquecimiento.

ANTECEDENTES

El arreglo de enriquecimiento en fajas es la plantación más extendida en la Amazonia (Navarrete, 2004). Este método es un arreglo de regeneración de bosque artificial, donde la regeneración natural es complementada con la plantación de especies forestales comercialmente valiosas (Flores, 2002). Este es un sistema de poca intensidad de siembra y se encuentra en zonas donde se ha practicado la extracción selectiva de madera cosechando los individuos que tienen un valor comercialmente alto, dejando en pie los otros árboles.

El Instituto SINCHI ha implementado este sistema de enriquecimiento forestal en su Estación Experimental El Trueno y en fincas de productores, bajo diferentes asocios de especies productoras de maderas finas con periodos cortos y largos de aprovechamiento, donde ha evaluado la sobrevivencia, el crecimiento, el rendimiento y las técnicas silviculturales de cada una de las especies establecidas. Estas especies son: abarco *(Cariniana pyriformis)*, achapo *(Cedrelinga cateniformis)*, brasil *(Aspidosperma spruceanum)* cabo de hacha *(Aspidosperma excelsum)*, cachicamo *(Calophyllum brasiliense)*, caruto *(Genipa americana)*, cuyubí *(Minquartia guianensis),* granadillo *(Terminalia sp.)*, guacamayo *(Apuleia moralis)*, macano *(Terminalia amazonia)*, milpo *(Erisma uncinatum),* palo de arco *(Tabebuia serratifolia).*

(Fuente. Sinchi 2021).



VIABILIDAD

Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada.
- Conserva la biodiversidad.
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal.
- Optimiza los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios.
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El sistema de enriquecimiento de bosque con alta intervención o rastrojos, propuesto para fincas de agricultores, se establece en una matriz de bosque con cuatro especies productoras de madera fina con periodos de corta diferente. Las especies de rápido crecimiento se extraen a edades más tempranas (20 años), abriendo espacio para el desarrollo de las especies de lento crecimiento.

Para la implementación de este modelo las especies se establecen de acuerdo con su comportamiento en cuanto a crecimiento y desarrollo; es decir el orden de establecimiento va de la especie que presenta mayor tasa de crecimiento en altura, diámetro y cantidad de follaje, hasta la que presenta menor tasa; esto con el fin de proporcionar un crecimiento óptimo de las especies sin generar competencia por luz y nutrientes. En este modelo se establece el abarco *(Cariniana pyriformis)* como especie principal, asociado con milpo *(Erisma uncinatum)*, cachicamo *(Calophyllum brasiliense)* y algarrobo *(Hymenaea oblongifolia)*.

El modelo consiste en el establecimiento de líneas o fajas de árboles dispuestas en bloque por especie, a una distancia de siembra de 8 metros entre fajas y 5 metros entre plantas para un total de 260 árboles por hectárea. Cada faja de árboles debe tener un ancho de 2 a 3 metros (ver diagrama). De la especie principal se establece un bloque con 4 fajas de árboles (80 individuos/ha) y para las especies asociadas se establece un bloque con 3 fajas de árboles por especie (60 individuos por especie asociada/ha).

ESPECIES MADERABLES

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012)*.


Plántulas


Árbol


Frutos y semillas


Árbol


Flor


Fruto

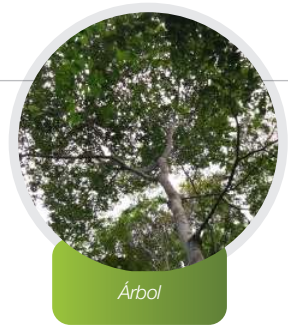

Corteza

La madera del milpo

Tiene un peso específico de 0,48 g/cm^3 que la hace óptima para ser utilizada en ebanistería fina, además presenta rápida velocidad de secado (5,5 días), es fácil de preservar, y de fácil trabajabilidad. Se utiliza en carpintería, cajonería, tablas, divisiones interiores, embalajes, tableros aglomerados, tableros enlistonados y construcciones en general *(WWF, 2013)*.

La madera de algarrobo

Es muy dura y de alta resistencia mecánica. Es compleja de trabajar debido a su dureza, pero se comporta bien en el cepillado. La madera es utilizada para chapas decorativas, construcciones pesadas, pisos, carretería, artículos deportivos, tornería, mangos de herramientas y muebles *(WWF, 2013)*.


Árbol


Frutos - Semillas


Hojas


Plántulas


Fuste


Inflorescencia


Árbol


Foliolo

La madera de cachicamo

Es moderadamente pesada (densidad seca al aire 0.6-0.75 g/cm^3), durable, resistente al agua y de rápido secado. La madera es usada en construcciones generales, construcciones navales, ebanistería, pisos, puentes, traviesas, postes, decorados de interior, chapas y durmientes *(Sinchi, 2012)*.

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aptos para este tipo de sistemas son los francos con una profundidad efectiva de 80 cm, con pendiente leve y que no se encharquen. Esto con el fin de facilitar el desarrollo libre de las raíces para la nutrición y anclaje de las plantas *(Murcia, 2007).*

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; ni tampoco con altos contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Condiciones ambientales que las especies de la Amazonia colombiana toleran:

- Precipitación 2.900 mm.
- Temperatura media 22°C.
- Brillo solar promedio anual de 5 a 6 horas luz.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO FORESTAL

Selección y preparación del terreno

Las especies forestales seleccionadas no son exigentes en condiciones de fertilidad natural de los suelos de la zona de superficie de denudación. En estas zonas predominan condiciones bajas de fertilidad natural, con alta saturación de aluminio, suelos ácidos a extremadamente ácidos, drenaje moderado y bajos contenidos de materia orgánica.

- La selección del terreno se realiza por técnicos en compañía del agricultor, verificando el tipo de cobertura boscosa y se utiliza el barreno para conocer las condiciones de profundidad efectiva y composiciones del terreno (se valoran los contenidos de gravilla, capas de recebo o greda).
- Se identifican las condiciones que permiten un buen anclaje y desarrollo de las raíces y un drenaje moderado.
- Se establece profundidades mínimas de 60 cm que no presenten limitantes para la profundización de las raíces.

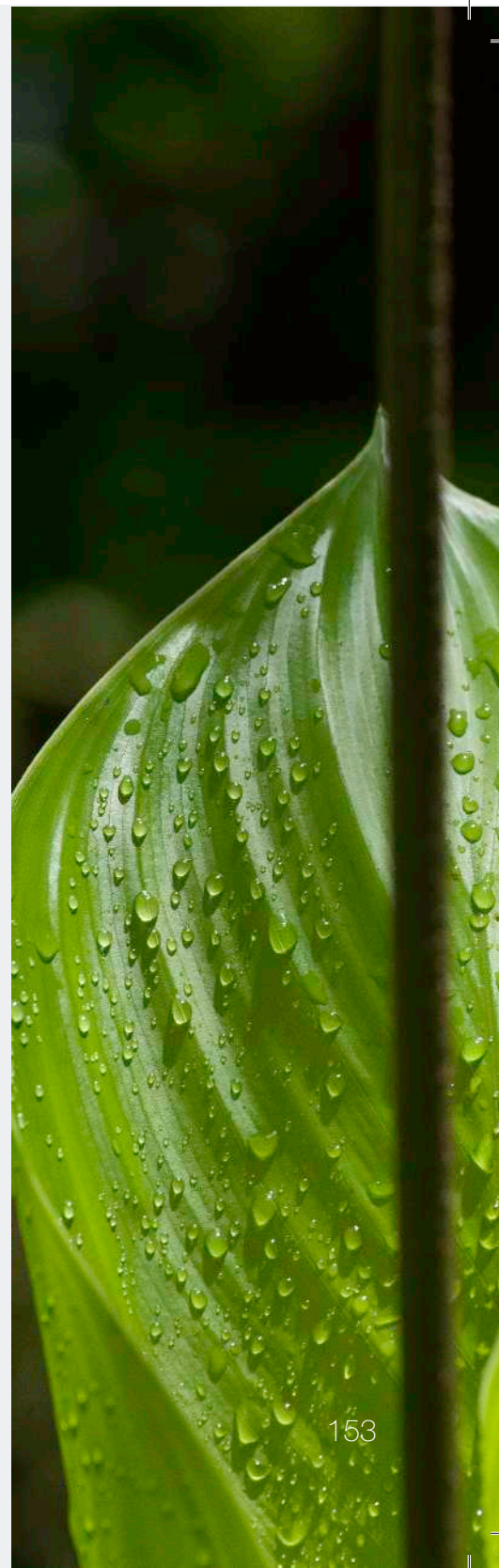
Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se realiza de acuerdo con la orientación de oriente occidente, definiendo la distancia y el ancho de las fajas y el punto de siembra de los árboles para facilitar el ahoyado.

Limpieza de las fajas: deben de tener como mínimo 2 metros de ancho bien abiertas desde abajo hasta la parte de arriba para facilitar la entrada de luz a la planta y proporcionar una ventaja sobre la vegetación existente.

Ahoyado: se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), aplicar 2 kilos de abono orgánico (bocashi) mezclando homogéneamente con la tierra hasta cubrir las ¾ partes del hoyo, retirar la plántula de la bolsa verificando que no tenga problemas la raíz (cola de marrano), ubicar la plántula en el centro del hoyo y completar con tierra haciendo un poco de presión con las manos tratando de eliminar los espacios de aire en el suelo.











MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para abarco

La primera poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para milpo y cachicamo

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

Para algarrrobo

La primera poda se realiza a los 30 meses de establecimiento.

En el departamento de Guaviare se debe efectuar la poda, en el periodo comprendido entre abril a septiembre, que corresponde a la temporada de mayor intensidad de lluvias. Se recomienda ejecutar las labores en la tarde, luego de la puesta del sol.

(Fuente. Sinchi 2004).

DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especies maderables


Abarco


Cachicamo


Algarrobo


Milpo

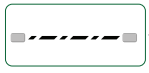
Bosque intervenido o rastrojo



Faja de 3 m de ancho



Cerca inerte





Distancias de siembra

8 metros entre fajas por 5 metros entre árboles. En las fajas periféricas la distancia de la cerca a la primer faja es de 4 metros y en los extremos de la faja la distancia es de 2,5 metros.

Fuente (Sinchi 2013).



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	80
Milpo	60
Cachicamo	60
Algarrobo	60
TOTAL	260

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	26
Año 1 (Mantenimiento)	34
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	18
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	18

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$ 1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	260	$ 520,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

*Se establece estos valores previendo que al final del proceso se hace protección con cercos y postes para 4 ha. Si se establece una sola hectárea el número para alambre es de 4 rollos y 160 postes.

Fuente (Sinchi 2021).



Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Maderables																					

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Abarco	2,344	80	64,8	151,8912		
Milpo	0,6957	60	48,6	33,81102		
Cachicamo	1,055	60	48,6	51,273		
Algarrobo	0,6957	60	48,6	33,81102		
TOTAL		260		270,78624		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 134.039.188,8	$ 20.105.878,3
				Año 21 (40%)	$ 89.359.459,2	$ 13.403.918,9
TOTAL					$ 223.398.648,0	$ 33.509.797,2

*Corresponde a valores obtenidos de venta de madera en Guaviare.
Se compra pieza de madera en $15.000, y un metro cubico de madera tiene 33 piezas

Fuente (Sinchi 2021).



Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años								TOTAL
		1	2	3	4	5 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.270.000	0	0	0	0	0	0	0	
	Sostenimiento	2.380.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	13.860.000	0	0	0	
	Producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0	
	Mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0	
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	20.105.878	13.403.919	
Costos (año)		9.131.200	2.335.200	2.335.200	2.335.200	13.860.000	0	20.105.878	13.403.919	63.506.597
Ingresos (año)	Maderables	0	0	0	0	0	0	134.039.189	89.359.459	223.398.648
NETO		-9.131.200	-2.335.200	-2.335.200	-2.335.200	-13.860.000	0	113.933.310	75.955.540	159.892.051

VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Los mayores costos ocurren en el año 1 durante el establecimiento del sistema. En los 4 primeros años se generan costos por mantenimiento, la actividad de producción y aplicación de abonos orgánicos. A partir del segundo año hasta el año 15 se mantienen los costos de las labores silviculturales de podas de formación. En el año 20 se realiza la primera fase de aprovechamiento del sistema que es del 60% hasta el año 21 se realiza el aprovechamiento del sistema en su totalidad generando excedentes importantes.

Con estos valores se obtiene:

- Tasa Interna de Retorno: 13%
- Relación Beneficio / Costo: 3.85
- Valor Presente Neto: $ 13.346,77

DTF para cálculos: 8%

Fuente (Sinchi 2021).








Modelo de enriquecimiento 6:

Abarco | Achapo | Milpo | Cachicamo



SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE

OBJETIVO

Promover la utilización y aprovechamiento sostenible de las coberturas boscosas de las unidades productivas, que faciliten la generación de ingresos y el mejoramiento de las condiciones ambientales, mediante la implementación de sistemas de enriquecimiento.

ANTECEDENTES

El arreglo de enriquecimiento en fajas es la plantación más extendida en la Amazonia (Navarrete, 2004). Este método es un arreglo de regeneración de bosque artificial, donde la regeneración natural es complementada con la plantación de especies forestales comercialmente valiosas (Flores, 2002). Este es un sistema de poca intensidad de siembra y se encuentra en zonas donde se ha practicado la extracción selectiva de madera cosechando los individuos que tienen un valor comercialmente alto, dejando en pie los otros árboles.

El Instituto SINCHI ha implementado este sistema de enriquecimiento forestal en su Estación Experimental El Trueno y en fincas de productores, bajo diferentes asocios de especies productoras de maderas finas con periodos cortos y largos de aprovechamiento, donde ha evaluado la sobrevivencia, el crecimiento, el rendimiento y las técnicas silviculturales de cada una de las especies establecidas. Estas especies son: abarco *(Cariniana pyriformis)*, achapo *(Cedrelinga cateniformis)*, brasil *(Aspidosperma spruceanum)* cabo de hacha *(Aspidosperma excelsum),* cachicamo *(Calophyllum brasiliense)*, caruto *(Genipa americana)*, cuyubí *(Minquartia guianensis)*, granadillo *(Terminalia* sp.*)*, guacamayo *(Apuleia moralis)*, macano *(Terminalia amazonia)*, milpo *(Erisma uncinatum)*, palo de arco *(Tabebuia serratifolia).*

(Fuente. Sinchi 2021).



VIABILIDAD

Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada.
- Conserva la biodiversidad.
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal.
- Optimiza los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios.
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El sistema de enriquecimiento de bosque con alta intervención o rastrojos, propuesto para fincas de agricultores, se establece en una matriz de bosque con cuatro especies productoras de madera fina con periodos de corta diferente. Las especies de rápido crecimiento se extraen a edades más tempranas (20 años), abriendo espacio para el desarrollo de las especies de lento crecimiento.

Para la implementación de este modelo las especies se establecen de acuerdo con su comportamiento en cuanto a crecimiento y desarrollo; es decir el orden de establecimiento va de la especie que presenta mayor tasa de crecimiento en altura y diámetro, y cantidad de follaje, hasta la que presenta menor tasa; esto con el fin de proporcionar un crecimiento óptimo de las especies sin generar competencia por luz y nutrientes. En este modelo se establece el abarco *(Cariniana pyriformis)* como especie principal, asociado con achapo *(Cedrelinga cateniformis),* milpo *(Erisma uncinatum)* y cachicamo (*Calophyllum brasiliense).*

El modelo consiste en el establecimiento de líneas o fajas de árboles dispuestas en bloque por especie, a una distancia de siembra de 8 metros entre fajas y 5 metros entre plantas para un total de 260 árboles por hectárea. Cada faja de árboles debe tener un ancho de 2 a 3 metros (ver diagrama). De la especie principal se establece un bloque con 4 fajas de árboles (80 individuos/ha) y para las especies asociadas se establece un bloque con 3 fajas de árboles por especie (60 individuos por especie asociada/ha).

ESPECIES MADERABLES

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012).*


Árbol


Plántulas


Frutos y semillas


Árbol


Inflorescencia


Foliolo

La madera de cachicamo

Es moderadamente pesada (densidad seca al aire 0.6-0.75 g/cm^3), durable, resistente al agua y de rápido secado. La madera es usada en construcciones generales, construcciones navales, ebanistería, pisos, puentes, traviesas, postes, decorados de interior, chapas y durmientes *(Sinchi, 2012).*

La madera de achapo

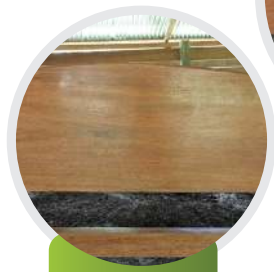
Es moderadamente dura y pesada (densidad seca al aire 0.45 g/cm^3), fácil de trabajar manualmente y con maquinaria con excepción del moldurado. Ofrece un buen acabado después de sellada la superficie y se pega fácilmente. Se utiliza en ebanistería, pisos, carretería, chapas decorativas, embalajes, triplex, tornería, carrocerías y construcciones


Inflorescencia


Plántulas


Fuste


Mueble


Mueble


Madera


Flores


Corteza


Árbol


Frutos

La madera de milpo

Tiene un peso específico de 0,48 g/cm^3 que la hace óptima para ser utilizada en ebanistería fina, además presenta rápida velocidad de secado (5,5 días), es fácil de preservar, y de fácil trabajabilidad. Se utiliza en carpintería, cajonería, tablas, divisiones interiores, vigas de techos, embalajes, tableros aglomerados, tableros enlistonados y construcciones en general *(WWF, 2013).*

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aptos para este tipo de sistemas son los francos con una profundidad efectiva de 80 cm, con pendiente leve y que no se encharquen. Esto con el fin de facilitar el desarrollo libre de las raíces para la nutrición y anclaje de las plantas (Murcia, 2007).

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; ni tampoco con altos contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Condiciones ambientales que las especies de la Amazonia colombiana toleran:

- Precipitación 2.900 mm.
- Temperatura media 22°C.
- Brillo solar promedio anual de 5 a 6 horas luz.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO FORESTAL

Selección y preparación del terreno

Las especies forestales seleccionadas no son exigentes en condiciones de fertilidad natural de los suelos de la zona de superficie de denudación. En estas zonas predominan condiciones bajas de fertilidad natural, con alta saturación de aluminio, suelos ácidos a extremadamente ácidos, drenaje moderado y bajos contenidos de materia orgánica.

- La selección del terreno se realiza por técnicos en compañía del agricultor, verificando el tipo de cobertura boscosa y se utiliza el barreno para conocer las condiciones de profundidad efectiva y composiciones del terreno (se valoran los contenidos de gravilla, capas de recebo o greda).
- Se identifican las condiciones que permiten un buen anclaje y desarrollo de las raíces y un drenaje moderado.
- Se establece profundidades mínimas de 60 cm que no presenten limitantes para la profundización de las raíces.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se realiza de acuerdo con la orientación de oriente occidente, definiendo la distancia y el ancho de las fajas y el punto de siembra de los árboles para facilitar el ahoyado.

Limpieza de las fajas: deben de tener como mínimo 2 metros de ancho bien abiertas desde abajo hasta la parte de arriba para facilitar la entrada de luz a la planta y proporcionar una ventaja sobre la vegetación existente.

Ahoyado: se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), aplicar 2 kilos de abono orgánico (bocashi) mezclando homogéneamente con la tierra hasta cubrir las ¾ partes del hoyo, retirar la plántula de la bolsa verificando que no tenga problemas la raíz (cola de marrano), ubicar la plántula en el centro del hoyo y completar con tierra haciendo un poco de presión con las manos tratando de eliminar los espacios de aire en el suelo.











MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para abarco y achapo

La primera poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para milpo y cachicamo

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

En el departamento del Guaviare se debe efectuar la poda, en el período comprendido entre abril a septiembre, que corresponde a la temporada de mayor intensidad de lluvias. Se recomienda ejecutar las labores en la tarde, luego de la puesta del sol.

(Fuente: Sinchi 2004).

DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especies maderables


Abarco


Achapo


Milpo


Cachicamo

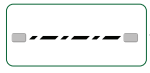
Bosque intervenido o rastrojo

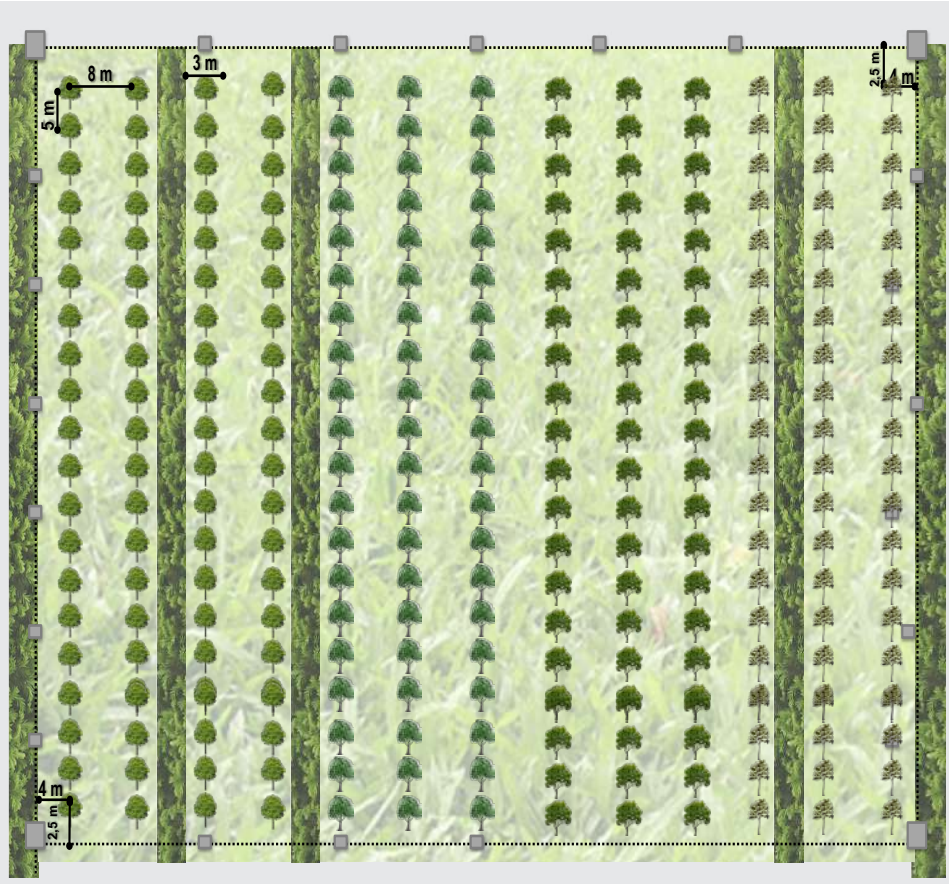


Faja de 3 m de ancho



Cerca inerte





Distancias de siembra

8 metros entre fajas por 5 metros entre árboles. En las fajas periféricas la distancia de la cerca a la primer faja es de 4 metros y en los extremos de la faja la distancia es de 2,5 metros.

Fuente (Sinchi 2021).



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	80
Achapo	60
Milpo	60
Cachicamo	60
TOTAL	260

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	26
Año 1 (Mantenimiento)	34
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	18
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	18

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$ 1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	kg	3	$27,000
Material vegetal	Unidad	260	$ 520,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

*Estos valores se establecen previendo que al final del proceso se hace protección con cercos y postes para 4 ha.
Si se establece una sola hectárea el número es de 4 rollos de alambre de púa y 160 postes. *Fuente (Sinchi 2021).*



Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Maderables																					

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Abarco	2,344	80	64,8	151,8912		
Achapo	2,3877	60	48,6	116,04222		
Milpo	0,6957	60	48,6	33,81102		
Cachicamo	1,055	60	48,6	51,273		
TOTAL		260	210,6	353,01744		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 174.743.632,8	$ 26.211.544,9
				Año 21 (40%)	$ 116.495.755,2	$ 17.474.363,28
TOTAL					$ 291.239.388	$ 43.685.908,2

*Corresponde a valores obtenidos de venta de madera en Guaviare.
Se compra pieza de madera en $15.000, y un metro cubico de madera tiene 33 piezas

Fuente (Sinchi 2021).



Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.270.000	0	0	0	0	0	0	0		
	Sostenimiento	2.380.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	13.860.000	0	0	0		
	producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0		
	mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0		
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	26.211.545	17.474.363		
Costos (año)		9.131.200	2.335.200	2.335.200	2.335.200	13.860.000	0	26.211.545	17.474.363	73.682.708	
Ingresos (año)	Maderables	0	0	0	0	0	0	174.743.633	116.495.755	291.239.388	
NETO		-9.131.200	-2.335.200	-2.335.200	-2.335.200	-13.860.000	0	148.532.088	99.021.392	217.556.680	98.070.092
Ingresos	Pancoger	1.000.000	780.000	780.000	780.000	0	0	0	0	0	3.340.000
	Copoazú	0	0	6.975.000	6.975.000	48.825.000	0	0	0	0	62.775.000
	Maderables	0	0	0	0	0	0	0	32.169.821	21.446.547	53.616.368
		1.000.000	780.000	7.755.000	7.755.000	48.825.000	0	0	32.169.821	21.446.547	119.731.368
NETO		-8.775.200	-2.275.200	-430.200	-430.200	79.800	-6.720.000	0	24.127.366	16.084.910	21.661.276

Fuente (Sinchi 2021).

VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Los mayores costos ocurren en el año 1 durante el establecimiento del sistema. En los 4 primeros años se generan costos por mantenimiento, la actividad de producción y aplicación de abonos orgánicos. A partir del segundo año hasta el año 15 se mantienen los costos de las labores silviculturales de podas de formación. En el año 20 se realiza la primera fase de aprovechamiento del sistema que es del 60% hasta el año 21 se realiza el aprovechamiento del sistema en su totalidad generando excedentes importantes.

Con estos valores se obtiene:

- Tasa Interna de Retorno: 15%
- Relación Beneficio / Costo: 4,26
- Valor Presente Neto: $ 20.537,09

DTF para cálculos: 8%

Fuente (Sinchi 2021).








Modelo de enriquecimiento 7:

Abarco | Cachicamo | Algarrobo | Cuyubí



SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE

OBJETIVO

Promover la utilización y aprovechamiento sostenible de las coberturas boscosas de las unidades productivas, de manera que faciliten la generación de ingresos y el mejoramiento de las condiciones ambientales, mediante la implementación de sistemas de enriquecimiento.

ANTECEDENTES

El arreglo de enriquecimiento en fajas es la plantación más extendida en la Amazonia (Navarrete, 2004). Este método es un arreglo de regeneración de bosque artificial, donde la regeneración natural es complementada con la plantación de especies forestales comercialmente valiosas (Flores, 2002). Este es un sistema de poca intensidad de siembra y se encuentra en zonas donde se ha practicado la extracción selectiva de madera cosechando los individuos que tienen un valor comercialmente alto, dejando en pie los otros árboles.

El Instituto SINCHI ha implementado este sistema de enriquecimiento forestal en su Estación Experimental El Trueno y en fincas de productores, bajo diferentes asocios de especies productoras de maderas finas con periodos cortos y largos de aprovechamiento, donde ha evaluado la sobrevivencia, el crecimiento, el rendimiento y las técnicas silviculturales de cada una de las especies establecidas. Estas especies son: Abarco *(Cariniana pyriformis)*, achapo *(Cedrelinga cateniformis)*, brasil *(Aspidosperma spruceanum),* cabo de hacha *(Aspidosperma excelsum)*, cachicamo *(Calophyllum brasiliense),* caruto *(Genipa americana)*, cuyubí *(Minquartia guianensis)*, Granadillo *(Terminalia* sp.*)*, guacamayo *(Apuleia moralis),* macano *(Terminalia amazonia)*, milpo *(Erisma uncinatum),* palo de arco *(Tabebuia serratifolia)*

(Fuente. Sinchi 2021).



VIABILIDAD

Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada.
- Conserva la biodiversidad.
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal.
- Optimiza los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios.
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El sistema de enriquecimiento de bosque con alta intervención o rastrojos, propuesto para fincas de agricultores, se establece en una matriz de bosque con cuatro especies productoras de madera fina con periodos de corta diferente. Las especies de rápido crecimiento se extraen a edades más tempranas (20 años), abriendo espacio para el desarrollo de las especies de lento crecimiento.

Para la implementación de este modelo las especies se establecen de acuerdo con su comportamiento en cuanto a crecimiento y desarrollo; es decir el orden de establecimiento va de la especie que presenta mayor tasa de crecimiento en altura, diámetro y cantidad de follaje, hasta la que presenta menor tasa; esto con el fin de proporcionar un crecimiento óptimo de las especies sin generar competencia por luz y nutrientes. En este modelo se establece el abarco *(Cariniana pyriformis)* como especie principal, asociado con cachicamo *(Calophyllum brasiliense)* algarrobo *(Hymenaea oblongifolia)* y cuyubí, *(Minquartia guianensis)*.

El modelo consiste en el establecimiento de líneas o fajas de árboles dispuestas en bloque por especie, a una distancia de siembra de 8 metros entre fajas y 5 metros entre plantas para un total de 260 árboles por hectárea. Cada faja de árboles debe tener un ancho de 2 a 3 metros (ver diagrama). De la especie principal se establece un bloque con 4 fajas de árboles (80 individuos/ha) y para las especies asociadas se establece un bloque con 3 fajas de árboles por especie (60 individuos por especie asociada/ha).

ESPECIES MADERABLES

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012).*



Plántulas



Árbol



Frutos y semillas



Fruto - Flor



Árbol



Plántulas

La madera de cuyubí

Es pesada, de alta densidad (básica de 0,76 g/cm^3), tiene propiedades mecánicas altas y alta resistencia al impacto. Se emplea para traviesas, construcciones, ebanistería, estructuras, construcciones pesadas, carrocerías, postes, construcciones navales y tacos de billar *(PROEXPO, 1988).*

La madera de algarrobo

Es muy dura y de alta resistencia mecánica. Es compleja de trabajar debido a su dureza, pero se comporta bien en el cepillado. La madera es utilizada para chapas decorativas, construcciones pesadas, pisos, carretería, artículos deportivos, tornería, mangos de herramientas y muebles *(WWF, 2013)*.



Árbol



Frutos - Semillas



Hojas



Plántulas



Fuste



Inflorescencia



Árbol



Foliolo

La madera de cachicamo

Es moderadamente pesada (densidad seca al aire 0.6-0.75 g/cm^3), durable, resistente al agua y de rápido secado. La madera es usada en construcciones generales, construcciones navales, ebanistería, pisos, puentes, traviesas, postes, decorados de interior, chapas y durmientes *(Sinchi, 2012)*.

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aptos para este tipo de sistemas son los francos con una profundidad efectiva de 80 cm, con pendiente leve y que no se encharquen. Esto con el fin de facilitar el desarrollo libre de las raíces para la nutrición y anclaje de las plantas *(Murcia, 2007)*.

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; ni tampoco con altos contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Condiciones ambientales que las especies de la Amazonia colombiana toleran:

- Precipitación 2.900 mm.
- Temperatura media 22°C.
- Brillo solar promedio anual de 5 a 6 horas luz.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO FORESTAL

Selección y preparación del terreno

Las especies forestales seleccionadas no son exigentes en condiciones de fertilidad natural de los suelos de la zona de superficie de denudación. En estas zonas predominan condiciones bajas de fertilidad natural, con alta saturación de aluminio, suelos ácidos a extremadamente ácidos, drenaje moderado y bajos contenidos de materia orgánica.

- La selección del terreno se realiza por técnicos en compañía del agricultor, verificando el tipo de cobertura boscosa y se utiliza el barreno para conocer las condiciones de profundidad efectiva y composiciones del terreno (se valoran los contenidos de gravilla, capas de recebo o greda).
- Se identifican las condiciones que permiten un buen anclaje y desarrollo de las raíces y un drenaje moderado.
- Se establece profundidades mínimas de 60 cm que no presenten limitantes para la profundización de las raíces.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se realiza de acuerdo a la orientación de oriente occidente, definiendo la distancia y el ancho de las fajas y el punto de siembra de los árboles para facilitar el ahoyado.

Limpieza de las fajas: Deben de tener como mínimo 2 metros de ancho bien abiertas, tanto a nivel del piso como en la parte superior del dosel para facilitar la entrada de luz a las plantas y favorecer su crecimiento inicial en altura

Ahoyado: Se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), aplicar 2 kilos de abono orgánico (bocashi) mezclando homogéneamente con la tierra hasta cubrir las ¾ partes del hoyo, retirar la plántula de la bolsa verificando que no tenga problemas la raíz (cola de marrano), ubicar la plántula en el centro del hoyo y completar con tierra haciendo un poco de presión con las manos tratando de eliminar los espacios de aire en el suelo.











MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para abarco

La primer poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para cachicamo

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

Para algarrobo y cuyubí

La primera poda se efectúa a los 30 meses de establecimiento.

En el departamento de Guaviare se debe efectuar la poda, en el período comprendido entre abril a septiembre, que corresponde a la temporada de mayor intensidad de lluvias. Se recomienda ejecutar las labores en la tarde, luego de la puesta del sol.

(Fuente. Sinchi 2004).

DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especies maderables


Abarco


Cachicamo


Algarrobo


Cuyubí

Bosque intervenido o rastrojo

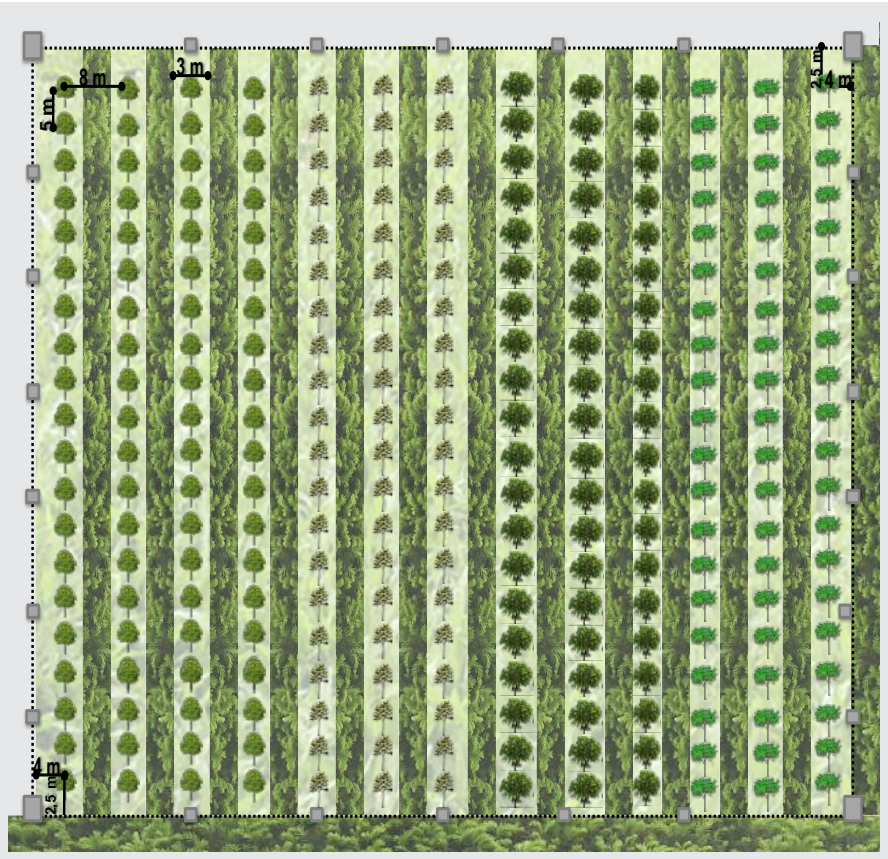


Faja de 3 m de ancho



Cerca inerte





Distancias de siembra

8 metros entre fajas por 5 metros entre árboles. En las fajas periféricas la distancia de la cerca a la primer faja es de 4 metros y en los extremos de la faja la distancia es de 2,5 metros.



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	80
Cachicamo	60
Algarrobo	60
Cuyubí	60
TOTAL	260

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	26
Año 1 (Mantenimiento)	34
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	18
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	18

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$ 1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	260	$ 520,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,000

*Se establece estos valores previendo que al final del proceso se hace proteccion con cercos y postes para 4 ha.Si se establece una sola hectárea el número para alambre es de 4 rollos y 160 postes..

Fuente (Sinchi 2021).



Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Maderables																					

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Abarco	2,344	80	64,8	151,8912		
Cachicamo	1,055	60	48,6	51,273		
Algarrobo	0,6957	60	48,6	33,81102		
Cuyubí	0,225	60	48,6	10,935		
TOTAL		260		247,91022		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 122.715.558,9	$ 18.407.333,8
				Año 21 (40%)	$ 81.810.372,6	$ 12.271.555,9
TOTAL					$ 204.525.931,5	$ 30.678.889,7

*Corresponde a valores obtenidos de venta de madera en Guaviare.
Se compra pieza de madera en $15.000, y un metro cubico de madera tiene 33 piezas

Fuente (Sinchi 2021).



Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años								TOTAL
		1	2	3	4	5 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.270.000	0	0	0	0	0	0	0	
	Sostenimiento	2.380.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	13.860.000	0	0	0	
	Producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0	
	Mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0	
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	18.407.334	12.271.556	
Costos (año)		9.131.200	2.335.200	2.335.200	2.335.200	13.860.000	0	18.407.334	12.271.556	60.675.690
Ingresos (año)	Maderables	0	0	0	0	0	0	122.715.559	81.810.373	204.525.932
NETO		-9.131.200	-2.335.200	-2.335.200	-2.335.200	-13.860.000	0	104.308.225	69.538.817	143.850.242

VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Los mayores costos ocurren en el año 1 durante el establecimiento del sistema. En los 4 primeros años se generan costos por mantenimiento, la actividad de producción y aplicación de abonos orgánicos. A partir del segundo año hasta el año 15 se mantienen los costos de las labores silviculturales de podas de formación. En el año 20 se realiza la primera fase de aprovechamiento del sistema que es del 60% hasta el año 21 se realiza el aprovechamiento del sistema en su totalidad generando excedentes importantes.

Con estos valores se obtiene:

- Tasa Interna de Retorno: 13%
- Relación Beneficio / Costo: 3.71
- Valor Presente Neto: $ 11.346,48
  DTF para cálculos: 8%

Fuente (Sinchi 2021).








Modelo de enriquecimiento 8:

Abarco | Achapo | Brasil | Cuyubí



SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE

OBJETIVO

Promover la utilización y aprovechamiento sostenible de las coberturas boscosas de las unidades productivas, de manera que faciliten la generación de ingresos y el mejoramiento de las condiciones ambientales, mediante la implementación de sistemas de enriquecimiento.

ANTECEDENTES

El arreglo de enriquecimiento en fajas es la plantación más extendida en la Amazonia (Navarrete, 2004). Este método es un arreglo de regeneración de bosque artificial, donde la regeneración natural es complementada con la plantación de especies forestales comercialmente valiosas (Flores, 2002). Este es un sistema de poca intensidad de siembra y se encuentra en zonas donde se ha practicado la extracción selectiva de madera cosechando los individuos que tienen un valor comercialmente alto, dejando en pie los otros árboles.

El Instituto SINCHI ha implementado este sistema de enriquecimiento forestal en su Estación Experimental El Trueno y en fincas de productores, bajo diferentes asocios de especies productoras de maderas finas con periodos cortos y largos de aprovechamiento, donde ha evaluado la sobrevivencia, el crecimiento, el rendimiento y las técnicas silviculturales de cada una de las especies establecidas. Estas especies son: abarco (*Cariniana pyriformis),* achapo *(Cedrelinga ceteniformis),* brasil *(Aspidosperma spruceanum)* cabo de hacha *(Aspidosperma excelsum)*, cachicamo *(Calophyllum brasiliense),* caruto *(Genipa americana)*, cuyubí *(Minquartia guianensis)*, granadillo *(Terminalia* sp.*)*, guacamayo *(Apuleia moralis),* macano *(Terminalia amazonia),* milpo *(Erisma uncinatum),* palo de arco *(Tabebuia serratifolia)*

(Fuente. Sinchi 2021).

VIABILIDAD



Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistema
forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Garantiza mayor seguridad alimentaria para los pobladores locales.
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada.
- Conserva la biodiversidad.
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal.
- Optimiza los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios.
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El sistema de enriquecimiento de bosque con alta intervención o rastrojos, propuesto para fincas de agricultores, se establece en una matriz de bosque con cuatro especies productoras de madera fina con periodos de corta diferente. Las especies de rápido crecimiento se extraen a edades más tempranas (20 años), abriendo espacio para el desarrollo de las especies de lento crecimiento.

Para la implementación de este modelo las especies se establecen de acuerdo con su comportamiento en cuanto a crecimiento y desarrollo; es decir el orden de establecimiento va de la especie que presenta mayor tasa de crecimiento en altura y diámetro, y cantidad de follaje, hasta la que presenta menor tasa; esto con el fin de proporcionar un crecimiento óptimo de las especies sin generar competencia por luz y nutrientes. En este modelo se establecen el abarco *(Cariniana pyriformis)* como especie principal, asociado con achapo *(Cedrelinga cateniformis)*, brasil *(Aspidosperma spruceanum)* y cuyubí, *(Minquartia guianensis)*.

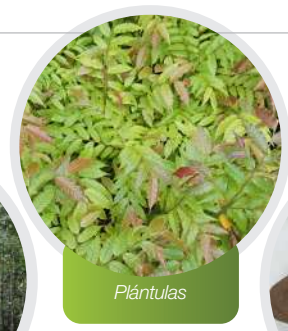
El modelo consiste en el establecimiento de líneas o fajas de árboles dispuestas en bloque por especie, a una distancia de siembra de 8 metros entre fajas y 5 metros entre plantas para un total de 260 árboles por hectárea. Cada faja de árboles debe tener un ancho de 2 a 3 metros (ver diagrama). De la especie principal se establece un bloque con 4 fajas de árboles (80 individuos/ha) y para las especies asociadas se establece un bloque con 3 fajas de árboles por especie (60 individuos por especie asociada/ha).

ESPECIES MADERABLES

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012).*


Árbol


Plántulas


Frutos y semillas


Árbol


Plántulas

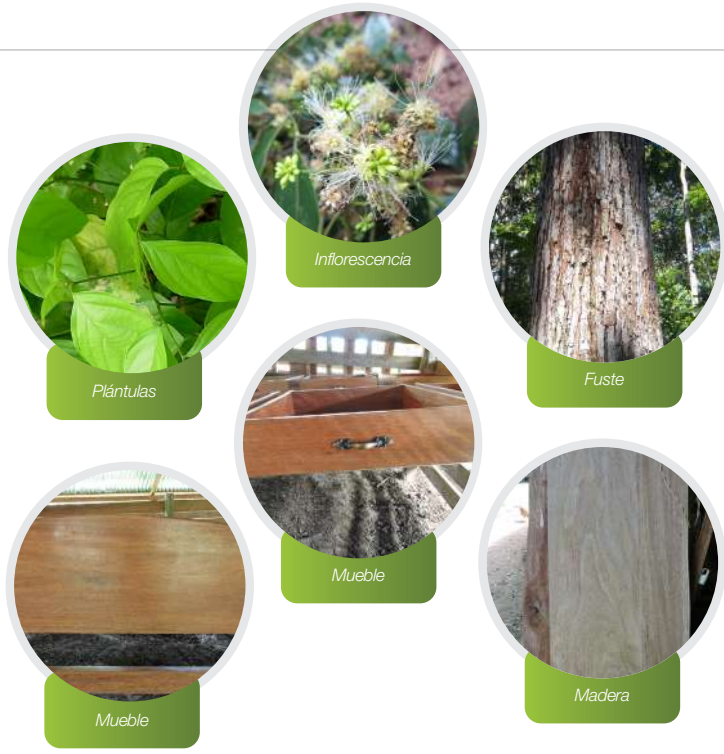

Semilla

La madera de brasil

Se deja cortar adecuadamente cuando se trabaja con máquina. La superficie de la madera tiene un acabado liso y bien pulido. Es utilizada en construcción estructural, construcciones internas, en la construcción de balsas, chapas, pisos, durmientes y en la artesanía *(Flores y Obando,*

La madera de achapo

Es moderadamente dura y pesada (densidad seca al aire 0.45 g/cm^3), fácil de trabajar manualmente y con maquinaria con excepción del moldurado. Ofrece un buen acabado después de sellada la superficie y se pega fácilmente. Se utiliza en ebanistería, pisos, carretería, chapas decorativas, embalajes, *Sinchi, 2012).*





La madera de cuyubí

Es pesada, de alta densidad (básica de 0,76 g/cm^3), tiene propiedades mecánicas altas y alta resistencia al impacto. Se emplea para traviesas, construcciones, ebanistería, estructuras, construcciones pesadas, carrocerías, postes y construcciones navales. *(PROEXPO, 1988).*

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aptos para este tipo de sistemas son los francos con una profundidad efectiva de 80 cm, con pendiente leve y que no se encharquen. Esto con el fin de facilitar el desarrollo libre de las raíces para la nutrición y anclaje de las plantas (Murcia, 2007).

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; ni tampoco con altos contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Condiciones ambientales que las especies de la Amazonia colombiana toleran:

- Precipitación 2.900 mm.
- Temperatura media 22°C.
- Brillo solar promedio anual de 5 a 6 horas luz.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO FORESTAL

Selección y preparación del terreno

Las especies forestales seleccionadas no son exigentes en condiciones de fertilidad natural de los suelos de la zona de superficie de denudación. En estas zonas predominan condiciones bajas de fertilidad natural, con alta saturación de aluminio, suelos ácidos a extremadamente ácidos, drenaje moderado y bajos contenidos de materia orgánica.

- La selección del terreno se realiza por técnicos en compañía del agricultor, verificando el tipo de cobertura boscosa y se utiliza el barreno para conocer las condiciones de profundidad efectiva y composiciones del terreno (se valoran los contenidos de gravilla, capas de recebo o greda).
- Se identifican las condiciones que permiten un buen anclaje y desarrollo de las raíces y un drenaje moderado.
- Se establece profundidades mínimas de 60 cm que no presenten limitantes para la profundización de las raíces.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se realiza de acuerdo con la orientación de oriente occidente, definiendo la distancia y el ancho de las fajas y el punto de siembra de los árboles para facilitar el ahoyado.

Limpieza de las fajas: deben de tener como mínimo 2 metros de ancho bien abiertas desde abajo hasta la parte de arriba para facilitar la entrada de luz a la planta y proporcionar una ventaja sobre la vegetación existente.

Ahoyado: se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), aplicar 2 kilos de abono orgánico (bocashi), mezclando homogéneamente con la tierra hasta cubrir las ¾ partes del hoyo, retirar la plántula de la bolsa verificando que no tenga problemas la raíz (cola de marrano), ubicar la plántula en el centro del hoyo y completar con tierra haciendo un poco de presión con las manos tratando de eliminar los espacios de aire en el suelo.








MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación se ejecutan de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para abarco y achapo

La primer poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para brasil y cuyubí

La primera poda se efectúa a los 30 meses de establecimiento.

En el departamento de Guaviare se debe efectuar la poda, en el periodo comprendido entre abril a septiembre, que corresponde a la temporada de mayor intensidad de lluvias. Se recomienda ejecutar las labores en la tarde, luego de la puesta del sol

(Fuente. Sinchi 2004).

DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especies maderables


Abarco


Achapo


Brasil


Cuyubí

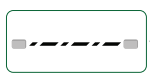
Bosque intervenido o rastrojo

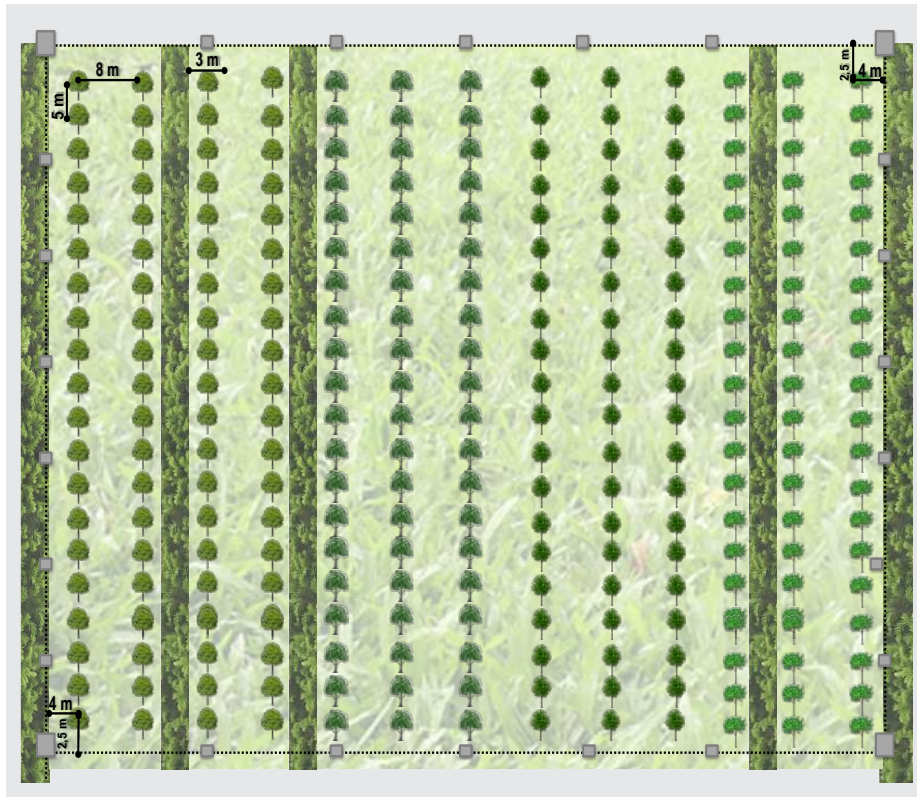


Faja de 3 m de ancho



Cerca inerte





Distancias de siembra

8 metros entre fajas por 5 metros entre árboles. En las fajas periféricas la distancia de la cerca a la primer faja es de 4 metros y en los extremos de la faja la distancia es de 2,5 metros.

Fuente (Sinchi 2021).



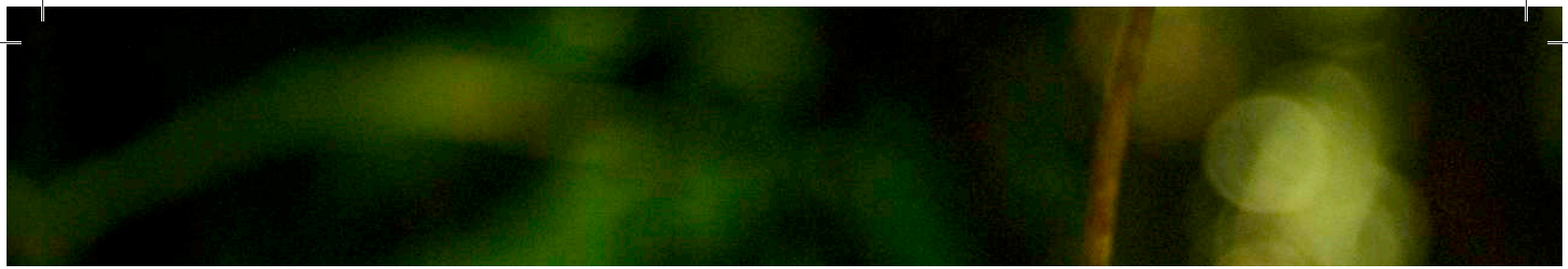
PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	80
Achapo	60
Brasil	60
Cuyubí	60
TOTAL	260

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	26
Año 1 (Mantenimiento)	34
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	18
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	18

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$ 1,340,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	260	$ 520,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

*Estos valores se establecen previendo que al final del proceso se hace protección con cercos y postes para 4 ha.
Si se establece una sola hectárea el número es de 4 rollos de alambre de púa y 160 postes. *Fuente (Sinchi 2021).*



Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Maderables																					

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Abarco	2,344	80	64,8	151,8912		
Achapo	2,3877	60	48,6	116,04222		
Brasil	0,115	60	48,6	5,589		
Cuyubí	0,225	60	48,6	10,935		
TOTAL		260	210,6	284,45742		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 140.806.422,9	$ 21.120.963,4
				Año 21 (40%)	$ 93.870.948,6	$ 14.080.642,3
TOTAL					$ 234.677.371,5	$ 35.201.605,7

*Corresponde a valores obtenidos de venta de madera en Guaviare.
Se compra pieza de madera en $15.000, y un metro cubico de madera tiene 33 piezas.

Fuente (Sinchi 2021).



Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.270.000	0	0	0	0	0	0	0		
	Sostenimiento	2.380.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	13.860.000	0	0	0		
	producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0		
	mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0		
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	21.120.963	14.080.642		
Costos (año)		9.131.200	2.335.200	2.335.200	2.335.200	13.860.000	0	21.120.963	14.080.642	65.198.406	
Ingresos (año)	Maderables	0	0	0	0	0	0	140.806.423	93.870.949	234.677.372	
NETO		-9.131.200	-2.335.200	-2.335.200	-2.335.200	-13.860.000	0	119.685.459	79.790.306	169.478.966	98.070.092
Ingresos	Pancoger	1.000.000	780.000	780.000	780.000	0	0	0	0	0	3.340.000
	Copoazú	0	0	6.975.000	6.975.000	48.825.000	0	0	0	0	62.775.000
	Maderables	0	0	0	0	0	0	0	32.169.821	21.446.547	53.616.368
		1.000.000	780.000	7.755.000	7.755.000	48.825.000	0	0	32.169.821	21.446.547	119.731.368
NETO		-8.775.200	-2.275.200	-430.200	-430.200	79.800	-6.720.000	0	24.127.366	16.084.910	21.661.276

Fuente (Sinchi 2021).

VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Los mayores costos ocurren en el año 1 durante el establecimiento del sistema. En los 4 primeros años se generan costos por mantenimiento, la actividad de producción y aplicación de abonos orgánicos. A partir del segundo año hasta el año 15 se mantienen los costos de las labores silviculturales de podas de formación. En el año 20 se realiza la primera fase de aprovechamiento del sistema que es del 60% hasta el año 21 se realiza el aprovechamiento del sistema en su totalidad generando excedentes importantes.

Con estos valores se obtiene:

- Tasa Interna de Retorno: 14%
- Relación Beneficio / Costo: 3,93
- Valor Presente Neto: $ 14.542,18

DTF para cálculos: 8%

Fuente (Sinchi 2021).








Modelo enriquecimiento 9:

Abarco | Ahumado | Macano | Roble | Cedro macho



SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE

OBJETIVO

Incrementar la proporción de árboles valiosos en un bosque degradado, y/o convertir un bosque natural degradado en una plantación valiosa en la madurez, cuando los árboles plantados formen un dosel homogéneo.



ANTECEDENTES

El sistema de enriquecimiento en fajas, es el sistema de plantación más extendido en la Amazonia (Nalvarte, 2004). Este método es un sistema de regeneración artificial de bosques, mediante el cual la regeneración natural es complementada con la plantación de especies forestales comercialmente valiosas (Flores, 2002), siendo éste, un sistema poco intensivo de plantación (Whitmore, 1998). Se encuentran en zonas donde se ha practicado la extracción selectiva de madera, cosechando solo individuos de valor comercial y dejando en pie el resto de árboles, o bien en zonas por las que por algún motivo la regeneración natural no funcionó (Flores, 2002). El modelo actual se basa en las investigaciones realizadas en el periodo 1993 a 2009 por el Instituto SINCHI en Guaviare (Giraldo *et al.*, 2013).



VIABILIDAD

De acuerdo con Giraldo *et al.*, 2013 estos sistemas mejoran sustancialmente la conservación de la fertilidad de los suelos y el microclima local. Adicionalmente se conserva la biodiversidad y se logra el manejo sostenible del bosque o de la sucesión vegetal. Con una selección adecuada de especies se aprovecha y ocupa de manera eficiente los espacios vertical y horizontal (tanto aéreo como subterráneo); obteniendo la utilización óptima de los recursos agua, luz y nutrientes haciendo del bosque un elemento más para generar ingresos y consecuentemente la conservación.



COMPONENTES

Para la elección de las especies para su establecimiento en un asocio productivo forestal, es fundamental fijar primero el propósito e identificar las características del lugar donde se va a realizar. Así mismo, se debe elegir entre especies de rápido crecimiento con turnos cortos o medianos, que permitan su aprovechamiento forestal en rangos entre 20 a 25 años de aprovechamiento. El modelo de enriquecimiento forestal propuesto se basa en 1 ha y en cada tipo de sistema se define una especie principal con 72 individuos por finca y cuatro o cinco especies asociadas con 36 individuos cada una. Las especies seleccionadas para estos arreglos son abarco *(Cariniana pyriformis),* ahumado *(Minquartia guianensis)*, macano *(Terminalia amazonia)*, roble *(Tabebuia rosea)* y cedro macho *(Pachira quinata),* como se observa en el diagrama.

ESPECIES MADERABLES

La madera de abarco

Es moderadamente pesada y dura (densidad seca al aire de 0.71 g/cm^3), fácil de trabajar, presenta un buen acabado y se caracteriza por tener una durabilidad natural muy alta y ser resistente al ataque de hongos e insectos. La madera se usa para durmientes de ferrocarril, construcción general, construcción naval, chapas decorativas, contrachapados, molduras de interior, muebles, fabricación de lápices, mangos de herramientas, pisos, puertas, carpintería y ebanistería *(Gómez & Toro 2007, CIRAD 2012).*



La madera de ahumado

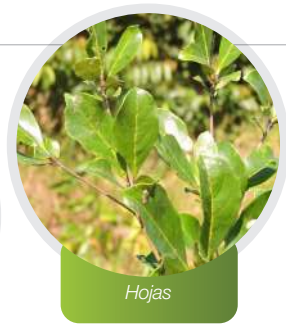
Es pesada, de alta densidad (básica de 0,76 g/cm^3), tiene propiedades mecánicas altas y alta resistencia al impacto. Se emplea para traviesas, construcciones, ebanistería, estructuras, construcciones pesadas, carrocerías, postes y construcciones navales. *(PROEXPO, 1988)*



La madera de macano

Es pesada y muy difícil de aserrar. Se emplea para la elaboración de pisos, zócalos, enchapados y contra chapados. También se emplea como madera estructural, madera para exteriores de vivienda, crucetas, traviesas, vigas, viguetas, postes para cerca, escaleras, herramientas y carrocerías *(Sinchi, 2012).*


Árbol


Hojas


Corteza


Árbol


Fruto - Semilla

La madera de roble

Es de peso mediano, fácil de aserrar y de trabajar con máquina. Tiene un excelente y atractivo acabado. La madera se emplea en la elaboración de instrumentos musicales, muebles y gabinetes, postes, decoración de interiores, remos, chapa para madera terciada, culatas para armas de fuego, construcción rural y ebanistería *(Conafor, 2006; Sinchi, 2012).*

La madera de cedro macho

Es fácil de aserrar y de trabajar en todas las operaciones de maquinado y labrado, ofreciendo un buen acabado. La madera se emplea para la fabricación de muebles, ebanistería, chapas para triplex, cajas livianas, lápices, pulpa, papel y tableros de viruta y de fibra. *(WWF, 2013).*


Árbol


Hojas


Flores

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

El principal requerimiento en suelos corresponde a la profundidad efectiva mayor de 80 cm, en lo posible suelos franco arcilloso con buen drenaje y sin limitante de topografía regular. Las cinco especies forestales seleccionadas se adaptan a las condiciones de fertilidad natural de la planicie amazónica con limitantes por acidez y bajos contenidos de elementos mayores y menores que son compensados con la actividad de ciclaje de nutrientes del arreglo.

Relieve

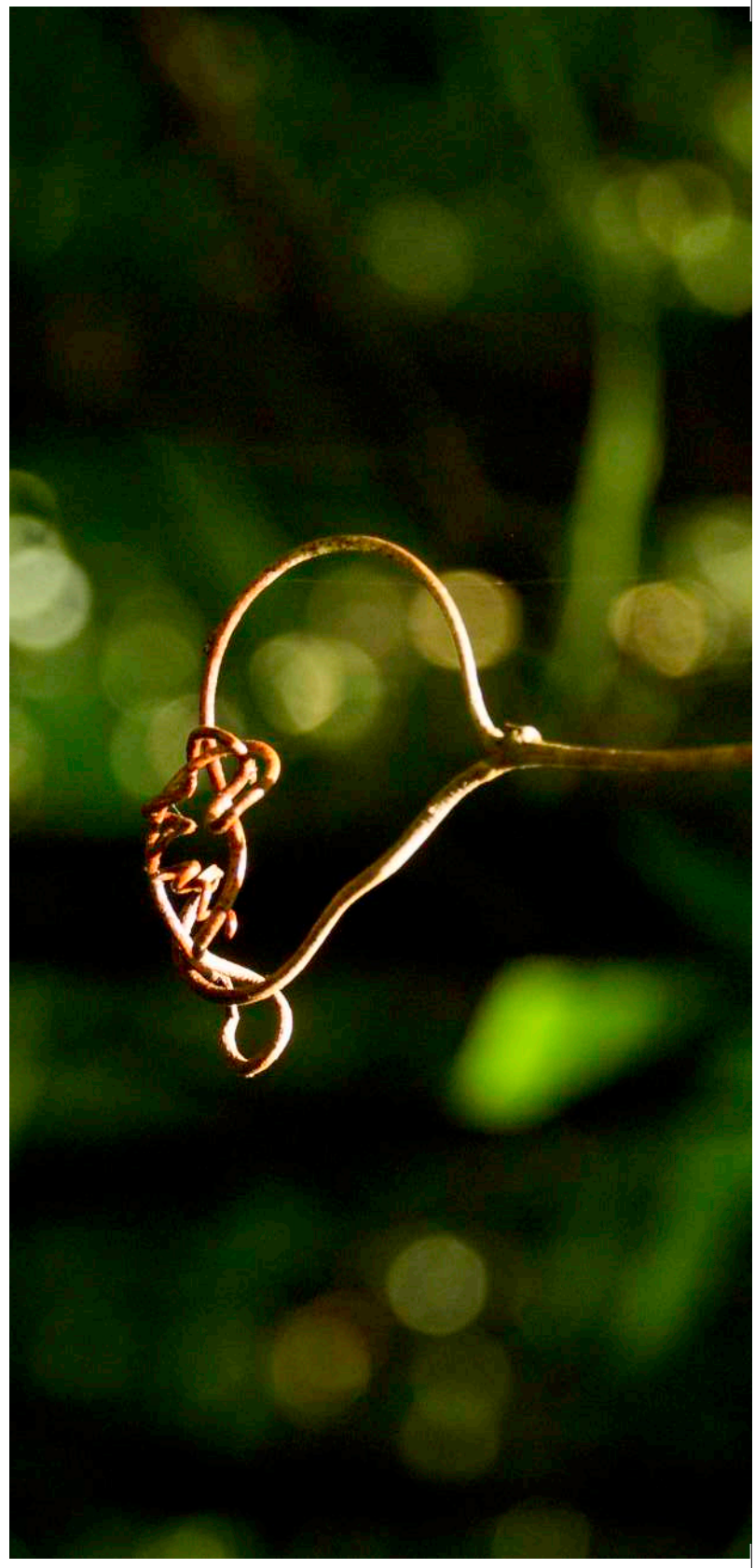
El relieve debe tener pendiente menor a 5%. En terrenos con pendiente mayor a 30% realizar trazado en curvas a nivel.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcilloso (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; tampoco deben tener alto contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Las especies forestales seleccionadas se han adaptado a las condiciones medioambientales de la región norte amazónica con temperaturas promedio anuales de 21°C, humedad relativa superior al 60%, precipitación entre 2600 a 3200 mm anual y promedio de brillo solar menor a 6 horas luz día.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE

Selección y preparación del terreno

El arreglo de enriquecimiento forestal se establece en zonas boscosas, priorizando coberturas de rastrojos jóvenes (entre 3 a 10 años), se establece el arreglo en el sentido oriente – occidente, que permita entrada de luz solar al sistema más eficiente. Para el diseño, se trazan franjas dentro de la cobertura boscosa a distancia de 8 metros y en estas franjas se abre la cobertura boscosa en un ancho aproximado de 2,5 m. sobre cada una de estas franjas se establecen los individuos a distancias de 5 metros entre árboles.

Se elabora el plan de compras y de entregas de materiales de protección: alambre de púa, postes, con definición de distancias entre postes y número de líneas de alambre, las herramientas, materiales, insumos y equipos para las labores de trazado, ahoyado, siembra, resiembra, fertilización, podas y monitoreo.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se realiza la apertura de calles o fajas de 2,5 metros de ancho por el largo del terreno seleccionado y se aplica en campo el arreglo forestal definido, se hace la distribución de las especies y distancias adecuadas de siembra. Se realiza el trazado definido de 8 metros entre calles y 5 metros entre plántulas. Se hacen los huecos de 40 cm por 40 cm por 40 cm y se distribuye el material en los surcos o fajas. Previa a la siembra se rellenan los huecos con material orgánico (Bocachi o gallinaza ente otros con estado de descomposición aceptable), y se siembra las plántulas. Se realiza este proceso en el periodo de lluvias. Se realiza el aislamiento del arreglo.

Siembra de maderables: Colocar a en el fondo del hueco los 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), en lo posible colocar de 2 a 3 Kg de materia orgánica (Bocachi o gallinaza ente otros con estado de descomposición aceptable). Por ultimo no incorporar la última capa extraída del hueco.



MANEJO

Para cada arreglo productivo y las especies que lo componen, se programa la ejecución de los planes de resiembra, fertilización y podas. En estos planes se establece periodicidad, épocas de labores, magnitud de las labores, materiales, insumos, herramientas y equipos (Giraldo, 2004). Las acciones de limpias de las zonas se definen para realizarlas cada tres meses, realizando plateos a cada uno de los individuos, En este mismo periodo se aplican los preparados orgánicos de bocashi y Súper – 4

Las podas de formación deben ser ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

En general, para especies con tasas de crecimiento en diámetros mayores a 2 cm/año y en altura mayores a 2 m/año, acciones de podas de formación a los 18 meses del establecimiento. Para especies con valores de crecimiento menores a los citados, la poda de formación inicia a los 30meses de establecimiento.

Para abarco

La primera poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para macano y cedro macho

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

Para roble y ahumado

La primera poda se efectúa a los 30 meses de establecimiento.

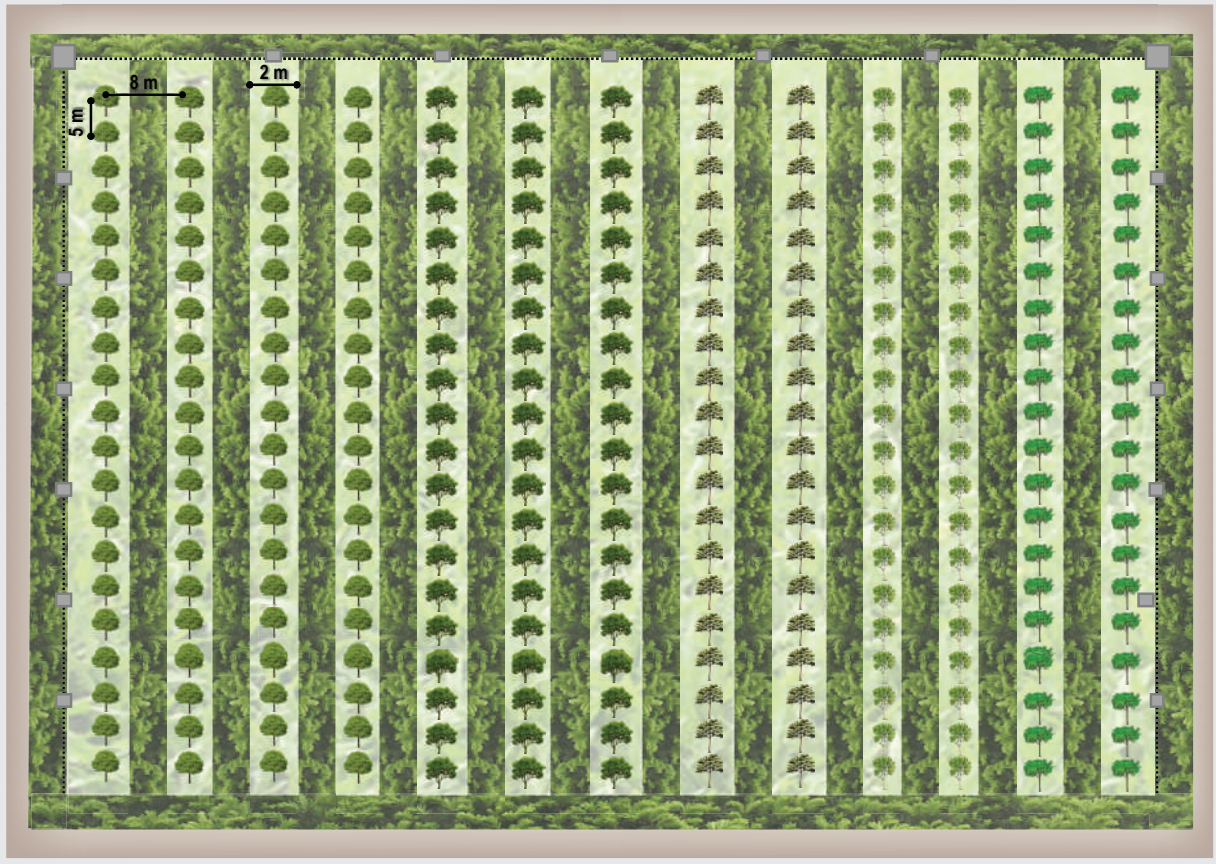








DIAGRAMA DEL ARREGLO



Fuente (Sinchi 2013).

Especies maderables



Abarco *Macano* *Cedro macho* *Roble* *Ahumado*

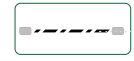
Bosque intervenido o rastrojo



Faja de 3 m de ancho



Cerca inerte





PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Abarco	80
Ahumado	50
Macano	40
Cedro Macho	40

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	26
Año 1 (Mantenimiento)	34
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	18
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	18

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	66	$1,320,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	210	$420,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

*: Se establece estos valores previendo que al final del proceso se hace proteccion con cercos y postes para 4 ha.Si se establece una sola hectárea el número para alambre es de 4 rollos y 160 postes.

Fuente (Sinchi 2021).



Ciclo productivo

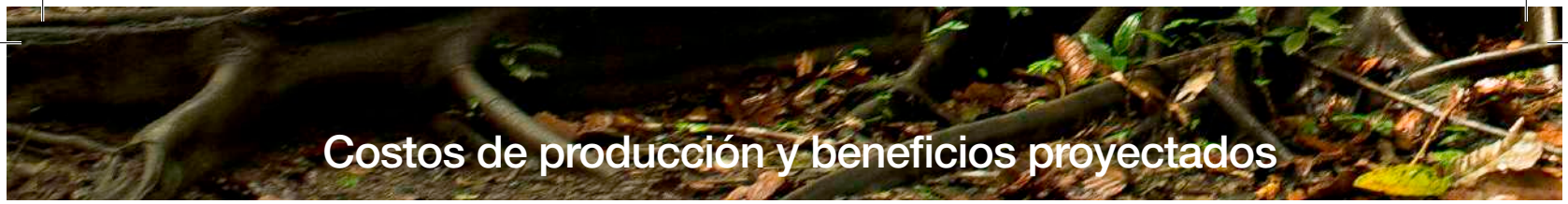
Especie	Programación de aprovechamiento (años)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Maderables																				

En el análisis se consideran 20 años cuando se logran tamaños de corte adecuados para el aprovechamiento (Giraldo et al., 2014)

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Abarco	2,97	80	64,8	62,856		
Ahumado	0,76	50	40,5	30,78		
Macano	0,28	40	32,4	9,072		
Cedro macho	1,85	40	32,4	27,54		
TOTAL		210	170,1	143,856		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 71,208,720	$ 10,681,308
				Año 21 (40%)	$ 47,472,480	$ 7.120.872
TOTAL					$ 118,681,200	$ 17,802,180

(Fuente: Sinchi, 2021)





Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.170.000	0	0	0	0	0	0	0		
	Sostenimiento	2.380.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	13.860.000	0	0	0		
	producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0		
	mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0		
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	10.681.308	7.120.872		
Costos (año)		9.031.200	2.335.200	2.335.200	2.335.200	13.860.000	0	10.681.308	7.120.872	47.698.980	
Ingresos	Maderables	0	0	0	0	0	0	71.208.720	47.472.480	118.681.200	53.616.368
NETO		-9.031.200	-2.335.200	-2.335.200	-2.335.200	-13.860.000	0	60.527.412	40.351.608	70.982.220	21.661.276

Fuente (Sinchi 2021).



VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Según se observa, los mayores costos ocurren en el año 1 (de establecimiento), y a partir del año 2 se da un ingreso asociado al costo de oportunidad de los bosques conservados. El componente forestal al final del ciclo determina en buena medida la rentabilidad del sistema.

» TIR	12%
» Rel B/C	2,75
» VPN	$ 6.256,55
» DTF	8%
» INGRESOS EN VPN$	16.457,57
» EGRESOS EN VPN $	13.929,65

Valores en miles de pesos (000)

Fuente (Sinchi 2021).















Modelo de enriquecimiento 10:

Achapo | Cabo de hacha | Bálsamo | Brasil



SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE

OBJETIVO

Proteger el recurso hídrico a través de la implementación del modelo de enriquecimiento forestal en áreas forestales protectoras-productoras, como una alternativa que permite conservar los cuerpos de agua, y su vez generar ingresos económicos a largo plazo mediante el aprovechamiento de especies maderables finas.

ANTECEDENTES

Las áreas forestales protectoras-productoras, se definen como las zonas que deben ser conservadas permanentemente con bosques naturales o artificiales para proteger los Recursos Naturales Renovables y que, además, puede ser objeto de actividades de producción sujeta necesariamente al mantenimiento del efecto protector (Decreto 2811 de 1974).

El modelo de enriquecimiento forestal, consiste en un arreglo de regeneración de bosque artificial, donde la regeneración natural es complementada con la plantación de especies forestales nativas comercialmente valiosas (Flores, 2002).

El instituto SINCHI ha venido trabajando con especies nativas que pueden ser implementadas en este modelo, donde ha evaluado la sobrevivencia, el crecimiento, el rendimiento y las técnicas silviculturales de cada una de ellas. Como resultado de estos ejercicios de investigación, las especies que se recomiendan son: Achapo *(Cedrelinga cateniformis),* brasil *(Aspidosperma spruceanum)*, cabo de hacha *(Aspidosperma excelsum)*, cachicamo *(Calophyllum brasiliense),* caruto *(Genipa americana),* cuyubí *(Minquartia guianensis)*, granadillo *(Terminalia sp.)*, guacamayo *(Apuleia moralis)*, macano *(Terminalia amazonia)* y milpo *(Erisma uncinatum).*

(Giraldo et al., 2021).



VIABILIDAD

Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos
- Previene la erosión
- Mejora la regulación hídrica- uso óptimo de los recursos como el agua, luz y nutrient
  mediante el uso adecuado de los espacios
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local
- Mejora de la economía familiar por la producción más diversificada
- Conserva la biodiversidad
- Reduce la deforestación y favorece el manejo sostenible del bosque y/o la sucesión vegetal
- Genera beneficios económicos

COMPONENTES

El modelo de enriquecimiento forestal se implementa en la zona protectora-productora, la cual se encuentra a los 30 metros de la zona protectora de las rondas hídricas.

El modelo consiste en establecer en una matriz de bosque con alta intervención o rastrojos, 4 franjas de 2 metros de ancho por 333 metros de largo, con una distancia entre franja y franja de 6 metros (1 hectárea). En cada franja se siembra una especie diferente con 42 árboles a una distancia de 8 metros, para un total de 168 árboles en el arreglo (Ver diagrama).

Las especies se establecen de acuerdo a su comportamiento en cuanto a crecimiento y desarrollo; es decir el orden de establecimiento va de la especie que presenta mayor tasa de crecimiento en altura y diámetro, y cantidad de follaje, hasta la que presenta menor tasa; esto con el fin de proporcionar un crecimiento óptimo de las especies sin generar competencia por luz y nutrientes. El orden en que se siembran las especies son: Achapo *(Cedrelinga cateniformis)*, cabo de hacha *(Aspidosperma excelsum)*, bálsamo *(Myroxylon balsamum)* y brasil *(Aspidosperma spruceanum).*

ESPECIES MADERABLES

La madera de achapo

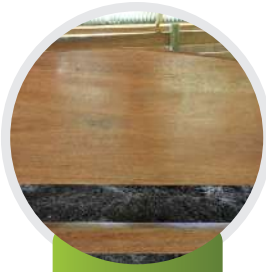
Es moderamente dura y pesada (densidad seca al aire 0.45 g/cm^3), fácil de trabajar manualmente y con maquinaria con excepción del moldurado. Ofrece un buen acabado después de sellada la superficie y se pega fácilmente. Se utiliza en ebanistería, pisos, carretería, chapas decorativas, embalajes, triplex, tornería, carrocerías y construcciones normales *(Sinchi, 2012).*


Fuste


Inflorescencia


Plántulas


Mueble


Mueble


Madera


Corteza


Hojas


Madera

La madera de bálsamo

Es resistente, dura, pesada a muy pesada (0.82- 0.96 gr/cm^3), con fuerte y agradable aroma. Es empleada para cabos y cachas de herramientas y utensilios de corte. También se emplea para elaborar ejes de carreta e instrumentos de labranza, muebles ligeros y construcciones rurales. Asimismo produce leña de excelente calidad, aunque por la calidad de su madera, aun piezas pequeñas son aprovechables para otros usos *(Mayorga y Jiménez, 2005).*

La madera de cabo de hacha

Es dura, pesada y resistente. Es utilizada en la construcción de infraestructuras comunales, fabricación de remos, mangos de herramientas y muebles artesanales.



Árbol



Plántulas



Látex



Plántulas



Árbol



Semilla

La madera de brasil

Se deja cortar adecuadamente cuando se trabaja con máquina. La superficie de la madera tiene un acabado liso y bien pulido. Es utilizada en construcción estructural, construcciones internas, en la construcción de balsas, chapas, pisos, durmientes y en la artesanía *(Flores y Obando, 2003).*

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aptos para este tipo de sistemas son los francos con una profundidad efectiva de 80 cm, con pendiente leve y que no se encharquen. Esto con el fin de facilitar el desarrollo libre de las raíces para la nutrición y anclaje de las plantas *(Murcia, 2007).*

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; ni tampoco con altos contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Condiciones ambientales que las especies de la Amazonia colombiana toleran:

- Precipitación 2.900 mm.
- Temperatura media 22°C.
- Brillo solar promedio anual de 5 a 6 horas luz.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO FORESTAL



Selección y preparación del terreno

Las especies forestales seleccionadas no son exigentes en condiciones de fertilidad natural de los suelos de la zona de superficie de denudación. En estas zonas predominan condiciones bajas de fertilidad natural, con alta saturación de aluminio, suelos ácidos a extremadamente ácidos, drenaje moderado y bajos contenidos de materia orgánica.

- La selección del terreno se realiza por técnicos en compañía del agricultor, verificando el tipo de cobertura boscosa y se utiliza el barreno para conocer las condiciones de profundidad efectiva y composiciones del terreno (se valoran los contenidos de gravilla, capas de recebo o greda).
- Se identifican las condiciones que permiten un buen anclaje y desarrollo de las raíces y un drenaje moderado. Se establece profundidades mínimas de 80 cm que no presenten limitantes para la profundización de las raíces.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: es necesario que las fajas queden ubicadas en dirección oriente-occidente para facilitar la entrada de luz la mayor cantidad de horas al día. Con la ayuda de estacas se traza la distancia y el ancho de las fajas, y el punto de siembra de los árboles para facilitar el ahoyado.

Limpieza de las fajas: deben de tener como mínimo 2 metros de ancho bien abiertas para facilitar la entrada de luz a la planta y proporcionar una ventaja sobre la vegetación existente.

Ahoyado: se deben hacer hoyos de 40 cm de diámetro por 40 cm de profundidad.

Siembra de maderables: esta labor se debe realizar al inicio o durante la época de lluvias, con la finalidad de brindarle a las plántulas la humedad requerida para su prendimiento y adaptación en campo. El material vegetal utilizado en la siembra debe tener de 20 a 25 cm de altura y un tallo con alto a medio grado de lignificación.

Pasos a seguir:

- Colocar en el fondo del hueco 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica).
- Aplicar 2 kilos de abono orgánico (bocashi), mezclando homogéneamente con la tierra hasta cubrir las ¾ partes del hoyo.
- Retirar la plántula de la bolsa verificando que la raíz no tenga problemas (cola de marrano).
- Ubicar la plántula en el centro del hoyo y completar con tierra haciendo un poco de presión con las manos tratando de eliminar los espacios de aire en el suelo.









MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina) para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para achapo y bálsamo

La primera poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

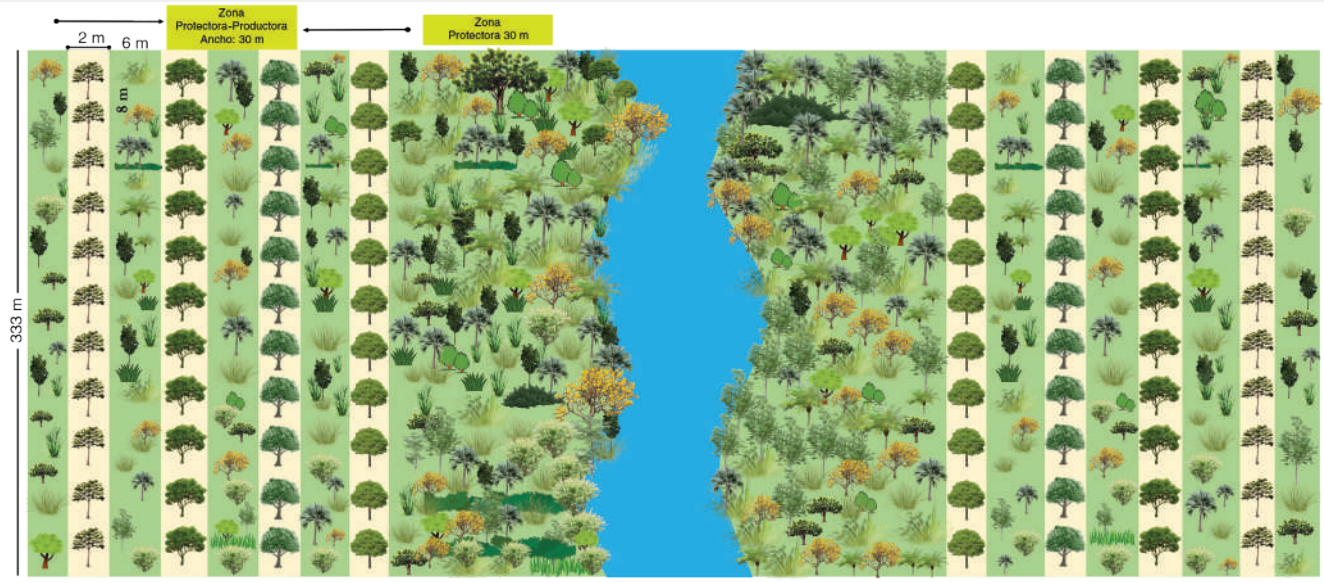
Para brasil y cabo de hacha

La primera poda se efectúa a los 30 meses de establecimiento.

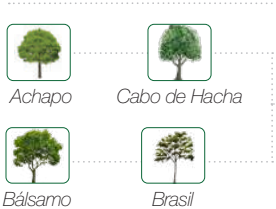
En el departamento de Guaviare se debe efectuar la poda, en el período comprendido entre abril a septiembre, que corresponde a la temporada de mayor intensidad de lluvias. Se recomienda ejecutar las labores en la tarde, luego de la puesta del sol.

(Fuente. Sinchi 2004).

DIAGRAMA DEL ARREGLO



Especies maderables



Bosque intervenido o rastrojo



Franja de 2 m de ancho por 333 m de largo



Distancias de siembra

6 metros entre franjas y 8 metros entre árboles. Después de los 30 metros de la zona protectora, a los 6 metros se comienza a establecer la primera franja de árboles.

Fuente (Sinchi 2021).



PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Achapo	42
Cabo de Hacha	42
Bálsamo	42
Brasil	42
TOTAL	168

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	26
Año 1 (Mantenimiento)	34
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	18
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	18

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	66	$1,320,000
Alambre de púas	Rollos	1.8	$ 450,000
Grapas	Kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	168	$ 336,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	global	$ 113,000
Kit preparación abonos orgánicos	Kit	global	$ 2,481,200

*: Se establece estos valores previendo que al final del proceso se hace proteccion con cercos y postes para 4 ha.Si se establece una sola hectárea el número para alambre es de 4 rollos y 160 postes.

Fuente (Sinchi 2021).



Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Maderables																					

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Achapo	2,3877	42	34,02	81,229554		
Cabo de Hacha	0,98	42	34,02	33,3396		
Bálsamo	0,6957	42	34,02	23,667714		
Brasil	0,115	42	34,02	3,9123		
TOTAL		168	136,08	142,149168		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 70.363.838,2	$ 10,554,575,7
				Año 21 (40%)	$ 46,909,225,4	$ 7,036,383,8
TOTAL					$ 117,273,063,6	$ 17,590,959,5

*Corresponde a valores obtenidos de venta de madera en Guaviare.
Se compra pieza de madera en $15.000, y un metro cubico de madera tiene 33 piezas

Fuente (Sinchi 2021).



Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.086.000	0	0	0	0	0	0	0		
	Sostenimiento	2.380.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	13.860.000	0	0	0		
	producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0		
	mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0		
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	10.554.576	7.036.384		
Costos (año)		8.947.200	2.335.200	2.335.200	2.335.200	13.860.000	0	10.554.576	7.036.384	47.403.760	
Ingresos (año)	Maderables	0	0	0	0	0	0	70.363.838	46.909.225	117.273.064	
NETO		-8.947.200	-2.335.200	-2.335.200	-2.335.200	-13.860.000	0	59.809.262	39.872.842	69.869.304	98.070.092
Ingresos	Pancoger	1.000.000	780.000	780.000	780.000	0	0	0	0	0	3.340.000
	Copoazú	0	0	6.975.000	6.975.000	48.825.000	0	0	0	0	62.775.000
	Maderables	0	0	0	0	0	0	0	32.169.821	21.446.547	53.616.368
		1.000.000	780.000	7.755.000	7.755.000	48.825.000	0	0	32.169.821	21.446.547	119.731.368
NETO		-8.775.200	-2.275.200	-430.200	-430.200	79.800	-6.720.000	0	24.127.366	16.084.910	21.661.276

Fuente (Sinchi 2021).



VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Los mayores costos ocurren en el año 1 durante el establecimiento del sistema. En los 4 primeros años se generan costos por mantenimiento, la actividad de producción y aplicación de abonos orgánicos. A partir del segundo año hasta el año 15 se mantienen los costos de las labores silviculturales de podas de formación. En el año 20 se realiza la primera fase de aprovechamiento del sistema que es del 60% hasta el año 21 se realiza el aprovechamiento del sistema en su totalidad generando excedentes importantes.

Con estos valores se obtiene:

- Tasa Interna de Retorno: 10%
- Relación Beneficio / Costo: 2,94
- Valor Presente Neto: $ 2.807,86
- DTF para cálculos: 8%

Fuente (Sinchi 2021).








Modelo silvopastoril 1:

Achapo | Macano | Amarillo





SISTEMA SILVOPASTORIL EN FRANJAS

OBJETIVO

Diversificar las áreas de potreros con la implementación de especies forestales que presten servicios ambientales y que generen excedentes económicos en el corto, mediano y largo plazo.

ANTECEDENTES

El sistema silvopastoril en franjas consiste en establecer en una matriz de pastos, especies forestales en franjas separadas y pueden estar compuestas por una, dos o tres hileras (Sotomayor et al., 2009). Los espaciamientos entre las franjas (callejones), permiten formar corredores por donde circula el ganado facilitando el pastoreo y permitiendo la conexión de manera natural con otros potreros. Además permite a futuro formar corredores naturales que proporcionan la conexión con fragmentos de bosque.

El modelo silvopastoril en franjas propuesto en esta ficha se basa en los resultados de investigaciones realizadas por el Instituto SINCHI por más de 20 años y en ensayos recientes establecidos en la Estación Experimental El Trueno.

Estos estudios están relacionados con el comportamiento, crecimiento y rendimiento de especies forestales y frutales establecidas bajo diferentes modelos productivos como sistemas silvopastoriles, agroforestales y de enriquecimiento de bosques secundarios, en la Estación Experimental El Trueno y en fincas de productores de la región. Esto con el objetivo de seleccionar las especies que mejor comportamiento presentan frente a variables como sobrevivencia, crecimiento y producción, en cada uno de los diferentes asocios y modelos, y así poder incorporarlas en fincas de productores agroambientales de la región *(Giraldo et al., 2006; Giraldo et al., 2013*). Dentro de las especies evaluadas se encuentran: abarco *(Cariniana pyriformis),* achapo *(Cedrelinga cateniformis)*, brasil *(Aspidosperma spruceanum)*, cabo de hacha *(Aspidosperma excelsum),* cachicamo *(Calophyllum brasiliense),* caruto *(Genipa americana),* cuyubí *(Minquartia guianensis)*, granadillo *(Terminalia* sp.*)*, guacamayo *(Apuleia moralis)*, macano *(Terminalia amazonia),* milpo *(Erisma uncinatum*), palo de arco *(Tabebuia serratifolia).*

(Fuente. Sinchi 2021).



VIABILIDAD

Como resultado de 20 años de trabajo del Instituto SINCHI en sistemas forestales, se han identificado y priorizado los siguientes beneficios:

- Mejora sustancial de fertilidad de los suelos.
- Mejora el medio ambiente general y el microclima local.
- Favorece el bienestar animal por reducción del estrés calórico.
- Conserva la biodiversidad.
- Optimiza el uso de los recursos como el agua, luz y nutrientes mediante uso adecuado de los espacios.
- Genera beneficios económicos a corto y mediano plazo.

COMPONENTES

El sistema silvopastoril en franjas propuesto para fincas de productores agropecuarios, se establece en una matriz de pasto con tres especies productoras de madera: achapo *(Cedrelinga cateniformis),* macano *(Terminalia amazonia)* y amarillo *(Centrolobium paraense).*

Para la implementación de este modelo las especies se establecen de acuerdo con su comportamiento en cuanto a crecimiento y desarrollo; es decir el orden de establecimiento va de la especie que presenta mayor tasa de crecimiento en altura y diámetro, y cantidad de follaje, hasta la que presenta menor tasa; esto con el fin de proporcionar un crecimiento óptimo de las especies sin generar competencia por luz y nutrientes.

El modelo consiste en el establecimiento de franjas de dos hileras, cada hilera tiene una longitud de 100 metros. La distancia de siembra entre hileras es de 10 metros y entre plantas es de 5 metros, para un total de 40 individuos por franja.

Cada franja está compuesta por una especie diferente y la distancia entre franja y franja es de 29 metros. Así, en una hectárea se establecen 3 franjas que corresponden a las tres especies maderables, para un total de 120 individuos (Ver diagrama).

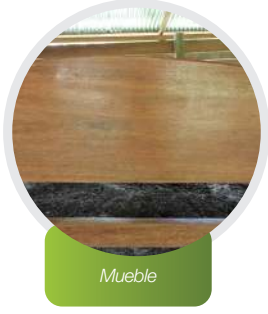
La madera de achapo

Es moderadamente dura y pesada (densidad seca al aire 0.45 g/cm^3), fácil de trabajar manualmente y con maquinaria con excepción del moldurado. Ofrece un buen acabado después de sellada la superficie y se pega fácilmente. Se utiliza en ebanistería, pisos, carretería, chapas decorativas, embalajes, triplex, tornería, carrocerías y construcciones normales *(Sinchi, 2012).*


Plántulas


Inflorescencia


Fuste


Mueble


Mueble


Madera

La madera de macano

Es pesada y muy difícil de aserrar. Se emplea para la elaboración de pisos, zócalos, enchapados y contra chapados. También se emplea como madera estructural, madera para exteriores de vivienda, crucetas, traviesas, vigas, viguetas, postes para cerca, escaleras, herramientas y carrocerías *(Sinchi, 2012).*



Árbol



Hojas



Corteza



Plántula



Hoja



Árbol



Fruto

La madera de amarillo

Se utiliza en la fabricación de carbón pesado. Además es considerada madera fina, muy fácil de trabajar, por lo que tiene muchos usos en carpintería y ebanistería, en la fabricación de muebles, construcciones interiores, enchapados, mangos de herramientas, pisos, entre otros. *(López, et al., 2016).*

REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS

Suelos

Los suelos aptos para este tipo de sistemas son los francos con una profundidad efectiva de 80 cm, con pendiente leve y que no se encharquen. Esto con el fin de facilitar el desarrollo libre de las raíces para la nutrición y anclaje de las plantas (Murcia, 2007).

Relieve

El relieve debe tener pendiente menor a 2.5%.

Drenaje

Los suelos no pueden ser muy arcillosos (gredosos), puesto que podría presentarse encharcamiento; ni tampoco con altos contenido de arenas, ya que se presentaría lavado rápido.

Clima

Condiciones ambientales que las especies de la Amazonia colombiana toleran:

- Precipitación 2.900 mm.
- Temperatura media 22°C.
- Brillo solar promedio anual de 5 a 6 horas luz.



ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA SILVOPASTORIL

Selección y preparación del terreno

Las especies forestales seleccionadas no son exigentes en condiciones de fertilidad natural de los suelos de la zona de superficie de denudación. En estas zonas predominan condiciones bajas de fertilidad natural, con alta saturación de aluminio, suelos ácidos a extremadamente ácidos, drenaje moderado y bajos contenidos de materia orgánica.

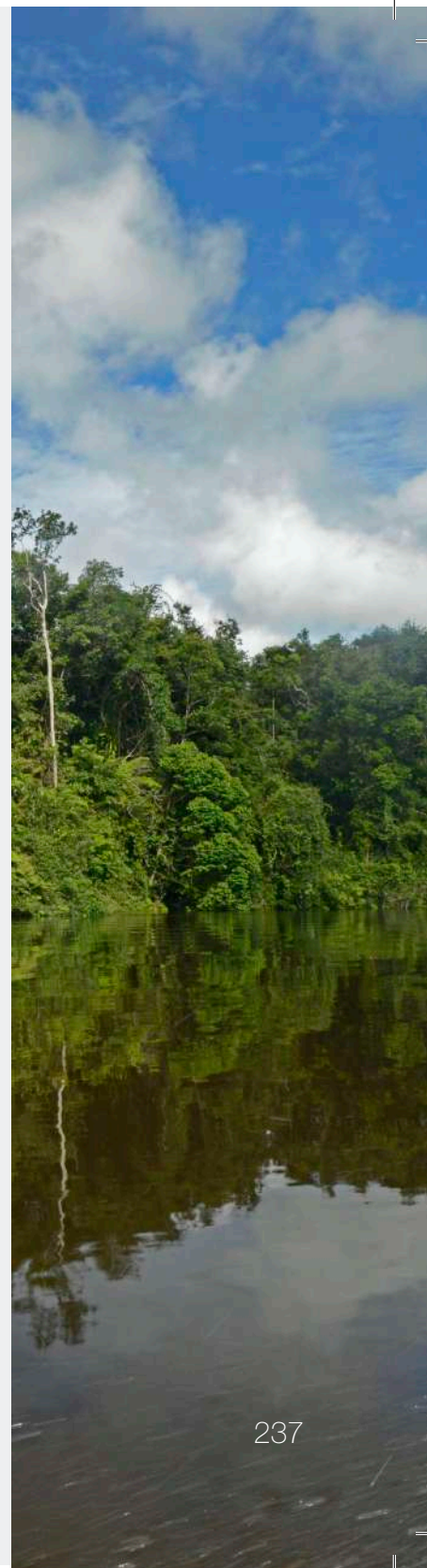
- La selección del terreno se realiza por técnicos en compañía del agricultor, verificando el tipo de cobertura boscosa y se utiliza el barreno para conocer las condiciones de profundidad efectiva y composiciones del terreno (se valoran los contenidos de gravilla, capas de recebo o greda).
- Se identifican las condiciones que permiten un buen anclaje y desarrollo de las raíces y un drenaje moderado.
- Se establece profundidades mínimas de 60 cm que no presenten limitantes para la profundización de las raíces.

Trazado, ahoyado y siembra

Trazado: Se realiza de acuerdo con la orientación de oriente occidente, definiendo la distancia y el ancho de las fajas y el punto de siembra de los árboles para facilitar el ahoyado.

Ahoyado: se deben hacer hoyos de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

Siembra: Colocar en el fondo del hueco 5 o 10 cm de la primera capa del suelo retirada (materia orgánica), aplicar 2 kilos de abono orgánico (bocashi), mezclando homogéneamente con la tierra hasta cubrir las ¾ partes del hoyo, retirar la plántula de la bolsa verificando que no tenga problemas la raíz (cola de marrano), ubicar la plántula en el centro del hoyo y completar con tierra haciendo un poco de presión con las manos tratando de eliminar los espacios de aire en el suelo.









MANEJO

Una vez establecida la plantación se deben realizar labores como resiembra, limpias, manejo de plagas, manejo de enfermedades y aplicación de preparados orgánicos.

Las podas de formación son ejecutadas de acuerdo con el crecimiento de cada una de las especies establecidas en el asocio. Consiste en eliminar de la planta los rebrotes de la zona basal y las ramas secundarias con mucho desarrollo, dejando un solo tallo. En el momento de realizar esta labor se debe de aplicar un cicatrizante (ceniza, sulfato de cobre, aceite de cocina), para evitar el ataque de agentes patógenos.

Para achapo

La primera poda de formación se planifica a los 18 meses de establecimiento.

Para macano y amarillo

La primera poda se realiza a los 24 meses de establecimiento.

En el departamento de Guaviare se debe efectuar la poda, en el periodo comprendido entre abril a septiembre, que corresponde a la temporada de mayor intensidad de lluvias. Se recomienda ejecutar las labores en la tarde, luego de la puesta del sol.

(Fuente. Sinchi 2004).

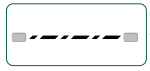
DIAGRAMA DEL ARREGLO

Especies maderables



Achapo *Macano* *Amarillo*

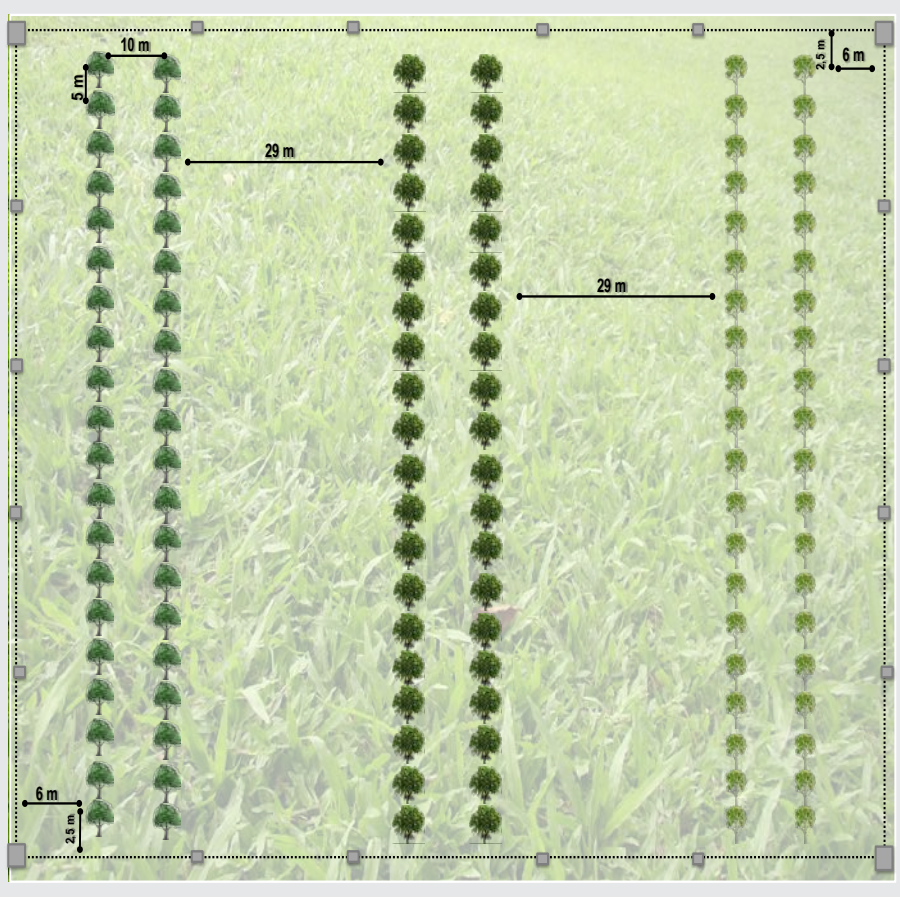
Cerca inerte



Distancias de siembra

10 metros entre hileras por 5 metros entre árboles. Entre franja y franja hay 29 metros de distancia. En las franjas periféricas la distancia de la cerca a la primer franja es de 6 metros y en los extremos de la franja la distancia es de 2,5 metros.

Fuente (Sinchi 2021).





PROGRAMACIÓN DE INSUMOS Y OTROS REQUERIMIENTOS PARA 1 HECTÁREA

Especie	Número de individuos por hectárea
Achapo	40
Macano	40
Amarillo	40
TOTAL	120

Año	Número jornales empleados por hectárea
Año 1 (Establecimiento)	24
Año 1 (Mantenimiento)	23
Año 2 al Año 5 (Mantenimiento)	18
Año 6 al Año 15 (Mantenimiento)	12

Materiales para 1 ha *	Unidad	Cantidad	Valor total
Postes	Poste	67	$ 1,340,000
Alambre de puas	Rollos	1,8	$ 450,000
Grapas	Kg	3	$ 27,000
Material vegetal	Unidad	120	$ 240,000
Carga transporte material vegetal	Viajes	Global	$ 113,000
Kit preparacion abonos organicos **	kit	Global	$ 2,481,200

*Estos valores se establecen previendo que al final del proceso se hace protección con cercos y postes para 4 ha.
Si se establece una sola hectárea el número es de 4 rollos de alambre de púa y 160 postes.

Fuente (Sinchi 2021).



Ciclo productivo

Especie	Programación de aprovechamiento (años)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Maderables																					

Rendimientos

Indicadores maderables a edad de 20 años.

Especie	Volumen Madera m^3)/árbol	Número árboles iniciales	No. de árboles aprovechables (con sobrevivencia de (0.81%)	Volumen de madera en el arreglo (m^3) por 1 ha.	Valor total (valor m^3 de $ 825.000)*	Costo
Achapo	2,3877	40	32,4	77,36148		
Macano	1,308	40	32,4	42,3792		
Amarillo	1,055	40	32,4	34,182		
TOTAL		120		153,92268		
Aprovechamiento				Año 20 (60%)	$ 76.191.726,6	$ 11.428.759
				Año 21 (40%)	$ 50.794.484,4	$ 7.619.172 ,7
TOTAL					$ 126.986.211,0	$ 19.047.931,7

*Corresponde a valores obtenidos de venta de madera en Guaviare.
Se compra pieza de madera en $15.000, y un metro cubico de madera tiene 33 piezas.

Fuente (Sinchi 2021).



Costos de producción y beneficios proyectados

Ítem		Años									TOTAL
		1	2	3	4	5 a 11	12 a 15	16 a 19	20	21	
Actividad	Instalación	4.927.500	0	0	0	0	0	0	0		
	Sostenimiento	1.610.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000	840.000	0	0	0		
	producción limpia	2.481.200	0	0	0	0	0	0	0		
	mantenimiento producción limpia	0	1.075.200	1.075.200	1.075.200	0	0	0	0		
	Aprovechamiento forestal	0	0	0	0	0	0	11.428.759	7.619.173		
Costos (año)		9.078.700	2.335.200	2.335.200	2.335.200	840.000	0	11.428.759	7.619.173	35.912.232	
Ingresos (año)	Maderables	0	0	0	0	0	0	76.191.727	50.794.484	128.742.966	
	Venta pasto	83.655	83.655	83.655	83.655	920.205	334.620	83.655	83.655		98.070.092
		-8.995.045	-2.251.545	-2.251.545	-2.251.545	80.205	334.620	64.846.623	43.258.967	92.770.734	3.340.000
NETO	Copoazú	0	0	6.975.000	6.975.000	48.825.000	0	0	0	0	62.775.000
	Maderables	0	0	0	0	0	0	0	32.169.821	21.446.547	53.616.368
		1.000.000	780.000	7.755.000	7.755.000	48.825.000	0	0	32.169.821	21.446.547	119.731.368
NETO		-8.775.200	-2.275.200	-430.200	-430.200	79.800	-6.720.000	0	24.127.366	16.084.910	21.661.276

Fuente (Sinchi 2021).

VALORACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

Los mayores costos ocurren en el año 1 durante el establecimiento del sistema. En los 4 primeros años se generan costos por mantenimiento, la actividad de producción y aplicación de abonos orgánicos. A partir del segundo año hasta el año 15 se mantienen los costos de las labores silviculturales de podas de formación. En el año 20 se realiza la primera fase de aprovechamiento del sistema que es del 60% hasta el año 21 se realiza el aprovechamiento del sistema en su totalidad generando excedentes importantes.

Con estos valores se obtiene:

- Tasa Interna de Retorno: 10%
- Relación Beneficio / Costo: 3,02
- Valor Presente Neto: $ 3.031,04

DTF para cálculos: 8%

Fuente (Sinchi 2021).








BIBLIOGRAFÍA

Barrera, *J. et al*., 2010. Maximum leaf photosynthetic light response for arazá (*Eugenia stipitata McVaugh)* plants growing in four environments of Southern Colombian Amazonian. Poster, 28th International Horticultural Congress.

Catie, 2011. La gestión social como herramienta para la reducción de presiones a los ecosistemas forestales andinos. Lima (Perú). ECOBONA. , 114 páginas.

CIRAD 2012. Adaptación de clones de caucho en América Latina, en zonas de *Microcyclus ulei* y zonas de escape. Cirad, Persyst Department, Research Unit "Performance of Tree Crops Systems" TA-B-34/02, 34398 Montpellier Cedex, France. 57 P

CONAFOR. 2006. SIRE- Paquetes tecnológicos, *Tabebuia rosea*.

Fedecacao 2012. Guía técnica para el cultivo del cacao. (Quinta Edición ed.). Bogotá Colombia. Ediciones LCB Ltda.

Flores, E. y Obando, G. 2003. Árboles del trópico húmedo, Importancia socioeconómica. 1ª. Ed. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 2003. Cartago. Costa Rica. 920p.

Flores, B. 2002. Crecimiento y productividad de seis especies forestales nativas de 20 años de edad en el bosque Alexander von Humboldt, Amazonia Peruana. CATIE. 137 pp.

Giraldo, B.; Zubieta, M.; Vargas, G. y Barrera, J. 2013. Bases técnicas para el desarrollo forestal en el departamento del Guaviare, Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. San José del Guaviare. 230 p.

Giraldo, B. 2004. Conservación, manejo y aprovechamiento sostenible del bosque en el área de colonización del Guaviare. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. San José del Guaviare, Colombia. 228 p.

Giraldo, B. y Vargas, G. 2006. Cap. Sistemas productivos sostenibles en la Amazonia Norte colombiana. Balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente de la Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi. 249 p.

Gómez, M. y Toro, J., (2007). Manejo de las semillas y la propagación de diez especies forestales del bosque húmedo Tropical /Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia CORANTIOQUIA. Medellín: CORANTIOQUIA. 71 P. (Boletín Técnico Biodiversidad No. 2).

Instituto SINCHI. 2012. Fichas técnicas de especies de uso forestal y agroforestal en la Amazonia colombiana. Programa Sostenibilidad e Intervención. Bogotá, Colombia. 16 p.

BIBLIOGRAFÍA

López, C.; Sarmiento, C; Espitia, L.; Barrero, A.; Consuegra, C; Gallego, C. 2016. Colorado: *Centrolobium paraense.* Pp. 100-101. En: López, C. R., Sarmiento, C., Espitia, L., Barrero, A.M., Consuegra, C., Gallego, C., B. 2016. 100 plantas del Caribe colombiano. Usar para conservar: aprendiendo de los habitantes del bosque seco. Fondo Patrimonio Natural, Bogotá D.C. Colombia. 240 p.

Mayorga O. y Jiménez Q. 2005. Bálsamo. Afiche en Revista Forestal Centroamericana No. 28, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Murcia, U. 2007. Zonificación ambiental de la cuenca del río Putumayo. En: Colombia 2007. ed: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. ISBN: 978-958-8317-12-0 v. 1 *pags*. 201

Nalvarte, W.; Sabogal, C.; Galván, O.; Marmillod, D.; Angulo, W.; Córdova, N.; Colán, V. 2004. Silvicultura en la Amazonia peruana. Diagnóstico de experiencias en la región de Ucayali y la provincia de Puerto Inca. CIFOR, INRENA, INIA, UN. 105 pp. Pucallpa. Perú.

Proexport, 1988. Sector Forestal en Colombia. Colombia.

Rojas, S; J. Zapata, E; Varón, P. 1996. Copoazú. Corpoica Macagual Florencia, Caquetá.

Sotomayor, A.; Moya, I; Teuber, O. 2009. Manual de establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles en zonas patagónicas de Chile. Instituto forestal, Centro Agroforestal Patagónico-Chile.

Sinchi, 2012. Informe final Investigación, innovación y alternativas tecnológicas de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y el medio ambiente en la Amazonia colombiana Región Amazónica1143-00022-9999. Instituto Sinchi. 51 P.

Sterling, C; Rodríguez, C; Hernández, R; Salas, T; Mazorra, V; Betancurt, P; Dussan, H; Gongora, O. 2014. Clones promisorios de caucho en asocio con copoazú y plátano hartón con potencial para la Amazonia colombiana. En: Introducción. Agroforestería en el Caquetá. Instituto SINCHI. Florencia. (Colombia). p.17-62.22.

Vásquez, C; Ramírez, A. 2005. Maderas comerciales en el Valle de Aburrá: Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín: Impreso rojo. p 246.

Whitmore, J. L. 1999. The social and environmental importance of forest plantations with emphasis on Latin America. Tropical Forest Science. Pág. 255-269. EE.UU

WWF (World Wildflife Fund). 2013. Maderas de Colombia. Amazonia viva: conservación y valoración participativa del bosque y sus servicios ambientales. Global Forest y Trade Network.