



**Sistema agroforestal con melina-yuca
en la Zona Norte, Costa Rica**

Proyecto Silvicultura intensiva para el aumento de la productividad de plantaciones forestales

**Mario Guevara Bonilla
Edwin Esquivel Segura
Sebastián Ugalde Alfaro
Axel Chavarría Ulate**

Sistema agroforestal con melina-yuca en la Zona Norte, Costa Rica

Proyecto Silvicultura intensiva para el aumento de la productividad de plantaciones forestales

Mario Guevara Bonilla¹
Edwin Esquivel Segura²
Sebastián Ugalde Alfaro³
Axel Chavarría Ulate⁴

-
- 1 Profesor e investigador, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, maguevara@itcr.ac.cr
 - 2 Profesor e investigador, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, eesquivel@itcr.ac.cr
 - 3 Gestor de Silvicultura, Industria y Comercio, Oficina Nacional Forestal, sugalde@oficinaforestalcr.org,
 - 4 Gestor de Desarrollo Organizacional, Oficina Nacional Forestal, achavarria@oficinaforestalcr.org,

Contenidos

Presentación 5

Descripción del sitio..... 6

Sistema agroforestal seleccionado 6

Objetivo de producción..... 8

Actividades iniciales para el establecimiento del sistema 8

 Preparación del terreno 9

 Establecimiento del sistema agroforestal 10

Actividades de mantenimiento y manejo10

 Manejo de la fertilidad del suelo 10

 Fertilización de la melina y la yuca..... 10

 Control de malezas 11

 Podas 11

 Manejo de plagas y enfermedades..... 12

 Extracción de yuca 12

Producción.....14

 Componente forestal - Melina 14

 Componente agrícola - Yuca 15

Costos e ingresos.....16

Análisis financiero 17

Conclusiones..... 20

Recomendaciones21

Lecciones aprendidas21

Referencias22

Presentación

Un sistema agroforestal (SAF) es la forma de usar la tierra que implica la combinación de especies forestales en tiempo y espacio con especies agronómicas o distintas especies de animales. Entre sus principales beneficios se encuentran el aprovechamiento óptimo del espacio, diversificación de la producción, sostenibilidad de los componentes agrícolas y forestales y la producción de madera y almacenamiento de carbono.

Al establecer un SAF se deben aplicar técnicas silviculturales y de manejo de uso del suelo para poder combinar los distintos componentes del sistema tanto en el espacio como en el tiempo.

Este documento es una recopilación de los resultados obtenidos de un sistema agroforestal implementado por el grupo de investigación y extensión en Silvicultura Intensiva de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Dentro del mismo se presentan aspectos técnicos sobre la preparación del sitio, establecimiento del SAF, actividades de mantenimiento y manejo, costos e ingresos durante sus 30 meses de desarrollo.

Descripción del sitio

La propiedad se ubica en las coordenadas 84°27'09" O, 10°26'42" N, del distrito Pital, cantón de San Carlos, provincia de Alajuela. La precipitación media anual varía entre 3000 y 4000 mm (Tapia, 2014^a), la temperatura media anual entre 24 y 26 °C (Tapia, 2014b), tiene una altitud promedio de 170 msnm, con pendiente moderada y suelo de orden Inceptisol (Suelos CR, Universidad de Costa Rica, V 1.1, 2021). La finca tiene un área total de seis hectáreas de las cuáles una hectárea se destinó al cultivo de melina. El uso anterior de la finca fue predominantemente ganadería. Una sección de 3000 m² fue cultivada con piña durante los últimos 10 años.

Sistema agroforestal seleccionado

El SAF implementado fue un sistema Taungya. Este modelo consiste en incluir dentro de las hileras con árboles, cultivos agronómicos que permitan generar un ingreso al productor mientras el componente arbóreo se desarrolla para su posterior aprovechamiento.

Las especies seleccionadas fueron *Gmelina arborea* (melina), *Manihot esculenta* (yuca) y *Canavalia ensiformis* (canavalia) como cobertura viva para el control de malezas. La melina es una especie forestal de rápido crecimiento que se puede aprovechar en ciclos cortos. Entre los principales usos de su madera se encuentran la fabricación de tarimas, muebles y madera para aserrío. Por otra parte, la yuca es un cultivo agrícola de rápido crecimiento que puede ser cosechada aproximadamente en 10 meses. En Costa Rica existen dos variedades que se comercializan: valencia y señorita.

Adicionalmente, la melina es la especie maderable históricamente mejor cotizada en el nicho de mercado de la fabricación de materiales de embalaje. Para el primer semestre del 2021 el precio de la madera en pie que se destina a tarimas correspondió a 53 colones por pulgada maderera tica, es decir 20% más que el precio promedio. De igual forma en el caso de la madera en troza puesta en el aserradero cuyo precio correspondió a 123 colones e incluso en el caso de la madera aserrada se reporta una diferencia de 14% más que el promedio con 299 colones. (ONF, 2021)

En el 2020 el sector exportador utilizó 6.405.822 tarimas; 1,9% más que en el 2019 debido principalmente al aumento en las exportaciones de banano. Estas tarimas posibilitan la exportación de unos \$6.717 millones, de los cuales, \$1.960 millones se destina especialmente a las exportaciones agrícolas de piña y banano. Del total de tarimas, se fabricaron 5.267.968 con madera producida localmente y se estima que se requirió 417.066 m³-r. (ONF, 2021)

La escogencia de yuca se justifica debido a que se adapta muy bien a las condiciones climáticas del sitio, no genera una competencia directa con los árboles de melina y debido a que posee un mercado internacional seguro considerando que las exportaciones desde Costa Rica se han incrementado de forma importante y sostenida. El valor de las exportaciones pasó de USD 9,4 millones en el año de 1990 a USD 91,7 millones en el año 2020. Durante el año 2020, el país exportó más de 124,000 toneladas de yuca a 51 países. El principal destino de la exportación de yuca costarricense son los Estados Unidos, al que se exportaron 80,128 toneladas. Dicho volumen, constituye el 64,2% del total de exportaciones. (PROCOMER, 2021)

La canavalia es una leguminosa herbácea de ciclo anual a perenne con una altura de entre 60 y 100 cm. Tiene un porte arbustivo, aunque en algunos casos podría tener un hábito trepador. Sus usos varían desde cobertura viva hasta abono verde e insecticida (Peters et al. 2010). La escogencia de esta especie como cobertura viva para el control de malezas se basó en su porcentaje de cobertura, potencial de comercialización y facilidad de manejo una vez establecida en el campo.



Figura 1. Sistema agroforestal Taungya *Gmelina arborea* (melina) y *Manihot esculenta* (yuca). Pital, San Carlos, implementado en la Zona Norte de Costa Rica.

Objetivo de producción

El objetivo del sistema fue la producción de madera para la fabricación de embalajes a través de un ciclo de cosecha reducido.

Actividades iniciales para el establecimiento del sistema

Evaluación inicial del sitio

Como primer paso se determinaron los factores limitantes del sitio mediante la metodología de clasificación de uso de las tierras agroecológicas (Decreto Ejecutivo No. 41960 MAG-MINAE). Esta metodología abarca la evaluación de 14 parámetros entre los que destacan variables del clima, suelo y fertilidad.

Con base en dicha evaluación se determinó que el factor limitante principal del sitio fue la fertilidad, clasificando el Lote 1 como clase IV y el Lote 2 como clase VI. De acuerdo con esta clasificación, el uso correcto de la tierra para ambos lotes debe limitarse a cultivos perennes. Adicionalmente, se evaluó la resistencia a la penetración mediante el uso de un penetrómetro digital, en donde se determinó una compactación de los primeros 60 cm de suelo, esta información es utilizada para determinar a qué profundidad se debe mecanizar el suelo.

Cuadro 1. Análisis químico del suelo en el sitio dividido en 2 lotes por uso anterior

Lote	Prof. (cm)	pH H ₂ O	ACIDEZ cmol(+)/L	Ca cmol(+)/L	Mg cmol(+)/L	K cmol(+)/L	CICE cmol(+)/L	SA %	P mg/L	Zn mg/L	Cu mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L
1	0-20	5,0	1,56	2,87	1,60	0,22	6,25	25	1	2,9	11	187	154
1	20-40	5,1	2,21	1,87	0,97	0,12	5,17	43	1	1,5	7	140	77
2	0-20.	4,7	2,78	1,43	0,31	0,23	4,75	59	3	4,0	16	117	96
2	20-40	4,6	3,16	1,16	0,23	0,12	4,67	68	1	3,8	18	138	106
Mínimo recomendado		5.5	0.5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5

Nota: la solución extractora corresponde a KCl-Olsen Modificado

Preparación del terreno

Como primera actividad se eliminaron dos árboles que se encontraban en el sitio. Posteriormente, la mecanización del terreno se realizó con un tractor agrícola de 120 caballos de fuerza a la cual se le agregaron implementos como una rastra de 16 discos y un subsolador para actividades agrícolas.

Actividades realizadas:

- 3 pases de rastra.
- 1 pasada de subsolador a 60 cm de profundidad, en este caso se realizan 2 pasadas en el área que anteriormente se encontraba plantada con piña por la compactación presente en el sitio.
- Elaboración de camellones con una encamadora de piña. Las dimensiones de los camellones fueron 40 cm de alto y distanciados a un metro.
- Construcción de dos drenajes manuales en la parte que presentó mayor nivel freático (humedad).



Figura 2. Sitio mecanizado y listo para el establecimiento del SAF.

Establecimiento del sistema agroforestal

El sistema agroforestal se estableció en dos fases, siendo la melina el componente principal y el primer cultivo en ser establecido. La melina se plantó al inicio de la época lluviosa (mes de mayo) y se utilizó un distanciamiento de siembra 3 metros entre árboles y 4 metros entre calles. Se utilizaron clones de alta productividad procedentes de GENFORES¹.

La siembra de la yuca se realizó un mes después del establecimiento de la melina con un distanciamiento de 1 x 0,60 m. La siembra se realizó a una profundidad de 10 cm sobre el camellón. Es importante mencionar que la época de siembra tradicional en la zona abarca los meses entre agosto y febrero.

Actividades de mantenimiento y manejo

Manejo de la fertilidad del suelo

Como primer paso se realizó un análisis de suelo 6 meses antes del establecimiento del SAF. Con base en este análisis se calcularon las necesidades de encalado y fertilización, obteniendo como resultado la aplicación de una dosis de 4 ton/ha de cal. Esta dosis se fragmentó de la siguiente manera:

- Primer encalado (1 ton/Ha): se realizó 6 meses antes del establecimiento del sistema.
- Segundo al cuarto encalado (1 ton/Ha): se realiza una vez cada cuatro meses, consiste en una tonelada por vez en manera alternada, usando carbonato de calcio y cal dolomita.

Fertilización de la melina y la yuca

Las labores de fertilización durante el primer año fueron:

- Aplicación de 70 g de fertilizante granulado 10-30-10 a la melina en el momento de plantar.
- Aplicación de fertilizante foliar a la melina al mes de plantado y a los 2 meses de edad.

1 Olman Murillo G., director de la Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal (GENFORES), omurillo@tec.ac.cr, <https://www.tec.ac.cr/genfores>

- Aplicación de 20 g de fertilizante granulado 10-30-10 por planta (equivalente a 5 sacos por hectárea) a los 2 meses de edad de la yuca con el fin de minimizar la competencia intraespecífica.
- Aplicación foliar de K para mejorar el rendimiento de la yuca a los 7 meses de edad de la yuca.

No se fertilizó la melina durante el segundo año.

Control de malezas

El control de malezas se hizo mediante la incorporación de la especie leguminosa canavalia y mediante métodos manuales como deshierbas y chapeas con machete. Se minimizó el uso de productos químicos dentro del sistema. La canavalia se plantó alrededor del árbol para que cumpliera el rol de cobertura viva e impidiera el crecimiento de gramíneas alrededor del árbol.



Figura 3. Planta de *Canavalia ensiformis*

Podas

Se realizó una deshija a los 4 meses de edad con el objetivo de eliminar brotes basales y corregir la forma de algunos árboles. Posteriormente se realizaron dos podas, una a los seis meses de establecida la plantación y otra a los 11 meses de edad posterior a la cosecha de la yuca. Los instrumentos de poda fueron el rabo de zorro y un tijerón de tipo neozelandés.

Manejo de plagas y enfermedades

El manejo integrado de plagas en sistemas agroforestales es importante para el desarrollo adecuado del sistema y se relaciona con el uso de prácticas adecuadas como controles mecánicos, biológicos y aplicación de insecticidas solo cuando sea necesario. La principal plaga encontrada fue la hormiga zompopa y su control fue realizado mediante la eliminación de reinas en nidos (hormigueros) jóvenes.



Figura 4. Control mecánico de hormigueros

En cuanto al manejo de la enfermedad de la melina (*Ceratocystis* sp.) se realizaron las siguientes acciones preventivas:

- Aplicación de enmiendas para reducir los niveles de saturación de acidez del suelo.
- Control de malezas intensivo con coberturas vivas y cultivo agrícola.
- Realización de podas oportunas y solo a ramas menores a los 3 cm de grosor.
- Definición de un nivel crítico de acción. Solo se realizarán acciones de manejo cuando los niveles de incidencia de la plantación iguallen o superen al 10%.

La incidencia de la enfermedad a los 30 meses de edad fue de un 4,75% (38 árboles de 800)

Extracción de yuca

La yuca se extrajo a los 10 meses de haber sido plantada y se realizó una clasificación de acuerdo a su calidad. En total se extrajeron 3 calidades de yuca:

- Yuca de exportación: yuca de alta calidad, sin quebraduras y de 4 a 5 cm de diámetro.
- Yuca de segunda calidad: yuca que presentó algún tipo de quebradura, con un grosor de 2,5 cm y largos que excedan el tamaño de una caja.

- Yuca para alimentación animal: yuca que no cumple con ninguna de las características arriba mencionadas.



Figura 5. Proceso de extracción de yuca.

Producción

Componente forestal - Melina

En esta sección se muestran las principales variables dasométricas y la productividad del sitio plantado con melina a partir del incremento medio anual tanto en volumen total como volumen comercial. (Cuadro 2)

Cuadro 2. Productividad expresada en incremento medio anual en volumen total y volumen comercial para el SAF melina-yuca. Pital, San Carlos. Costa Rica.

Edad (meses)	Edad (años)	N (arb/Ha)	DAP (cm)	Altura Total (m)	Vol. total (m³/Ha)	IMA Vol. total (m³ha/año)	Vol. com. (m³/Ha)	IMA Vol. com. (m³ha/año)
12	1	833	8,6	5,3	12,8	12,8	6,4	6,4
24	2	800	15,5	13	98,1	49,1	49,05	24,5
30	2,5	800	17,0	15	136,2	54,5	68,1	27,2

El cuadro 2 muestra que la densidad pasa de 833 a 800 árboles por hectárea de 1 a 2,5 años de edad. Durante el ciclo de cosecha el IMA en altura total fluctuó entre 5,3 m/año a la edad de un año a 6,5 m/año, lo cual es sobresaliente. De igual forma el IMA en DAP que transcurrió entre 8,6 cm/año en el año 1, así como 6,8 cm/año a la edad de 2,5 años. Todo lo anterior a pesar de la alta densidad. (Figura 5)

El volumen total a la edad de 2,5 años correspondió a 136 m³/ha, es decir 54,5 m³/ha/año siendo este incremento medio anual un indicador de altísimo potencial forestal a pesar de las limitaciones que representan las condiciones edáficas del sitio del ensayo.

El volumen comercial correspondió a 68,1 m³/ha, es decir 24.652 pmt/ha (3 camiones tipo tandem-9) a la edad de 2,5 años. Este volumen se considera comercial ya que el nicho de mercado de la fabricación de material de embalaje recibe materia prima que consiste en trozas con largos desde 1,2 m y con diámetros a partir de 11,4 cm.



Figura 5. Crecimiento en diámetro a 1,30 m expresado en centímetros para los árboles de melina a los 2 años de edad en el SAF melina-yuca. Pital, San Carlos. Costa Rica.

Componente agrícola - Yuca

El rango óptimo para cosechar la yuca varía de acuerdo al uso final del producto. Para la variedad valencia se recomienda un tiempo de cultivo de 8 a 10 meses (Aguilar et al. 2017). Si se cosecha posteriormente a estos periodos, se obtienen raíces más duras, que afectan la calidad culinaria y requieren un mayor tiempo de cocción. De acuerdo con el censo agropecuario realizado en el 2015 por el INEC, la producción promedio de yuca en Costa Rica es de 16,5 toneladas por hectárea.

Cuadro 3. Producción de yuca en el modelo planteado de acuerdo a su calidad en el SAF melina-yuca. Pital, San Carlos. Costa Rica.

Cultivo	Producción (kg)
Yuca primera calidad	2.852
Yuca segunda calidad	2.668
Tercera calidad	1.196
Total	6.716

Costos e ingresos

Todo proyecto agroforestal se compone de una serie de actividades distribuidas en el tiempo, las cuales tienen un costo, un rendimiento y una razón técnica para su ejecución. En el siguiente cuadro presenta los costos totales para el año uno y dos del modelo agroforestal seleccionado.

Cuadro 4. Costos e ingresos totales para el SAF melina-yuca. Pital, San Carlos. Costa Rica.

Labores	Año 1	Año 2
Inversiones		
Árboles a plantar (5% mortalidad)	225.000	
Semilla Canavalia	9.000	
Preparación de sitio		
Mecanización del terreno	120.000	
Establecimiento del sistema		
Costo establecimiento melina	145.600	
Costo establecimiento yuca	83.200	
COSTO TOTAL ESTABLECIMIENTO	228.800	
Mantenimiento de la plantación		
Manejo cultivo melina	485.364	88.400
Manejo cultivo yuca	353.500	
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO	838.864	88.400
Aprovechamiento yuca		
Aprovechamiento cultivo de yuca	60.360	
Regencia Forestal		80.000
COSTO TOTAL PROYECTO SAF	1.482.024	168.400
INGRESOS		
Yuca	¢1.219.000,00	
Venta semilla de Canavalia	¢487.500,00	
Ingreso venta de madera		1.594.000
Ingresos totales	¢1.706.500,00	¢1.594.000
Balance (Ingresos-costos)	¢224.476	¢1.425.600

Notas:

1. El costo de mano se expresa en colones por hora con cargas sociales incluidas.
2. Las condiciones para la venta de la madera en pie consisten en que el comprador se hace cargo de los costos de corta, troceo, carga y transporte.

Análisis financiero

El presente análisis financiero tiene como objetivo determinar la rentabilidad del sistema agroforestal melina-yuca probado en el sitio de estudio, en términos muy concretos para saber si vale la pena invertir en este negocio en específico.

Se resumen a continuación las variables con mayor incidencia en la rentabilidad del caso analizado y los valores reales obtenidos con la ejecución del ensayo:

- Tasa de descuento: 9%
- Costo de los clones: ¢250/plántula
- Cantidad de árboles plantados: 900 plántulas
- Volumen comercial de madera: 24.518 pmt/Ha
- Precio de venta de madera en pie: ¢65/pmt.
- Precio de venta de yuca: ¢280/kg
- Precio de venta canavalia: ¢3000/kg
- Costo de semilla de canavalia: ¢4500/kg
- Cantidad de canavalia para cultivo: 2 kg

Cuadro 5. Flujo de caja expresado en colones para el primer ciclo de cosecha a los 30 meses de edad del SAF melina-yuca. Pital, San Carlos, Costa Rica

Rubro	0 meses	12 meses	24 meses	30 meses	Total
Ingresos					
Yuca	0	1 274 000	0	0	¢1 274 000
Venta semilla de Canavalia	0	489 000	0	0	¢489 000
Ingreso venta de madera	0	0	0	1 593 670	¢1 593 670
Ingreso total	¢0	¢1 763 000	¢0	¢1 593 670	¢3 356 670
Inversiones					
Árboles a plantar (incluye %5 mortalidad)	225 000	0	0	0	¢225 000
Semilla Canavalia	9 000	0	0	0	¢9 000
Preparación del terreno					
Mecanización del terreno	186 395	0	0	0	¢186 395
Costos					
Establecimiento del sistema					
Establecimiento del cultivo de melina	172 626	0	0	0	¢172 626
Establecimiento del cultivo de yuca	116 463	0	0	0	¢116 463
Costo de establecimiento	709 484	0	0	0	¢709 484
Mantenimiento de la plantación					
Manejo del cultivo melina	0	556 047	123742	0	¢679 789
Manejo del cultivo yuca	0	320 194	0	0	¢320 194
Costo de mantenimiento	0	876 241	123 742	0	¢999 983
Aprovechamiento yuca					
Aprovechamiento del cultivo de yuca	0	87 347	0	0	¢87 347
Regencia Forestal	0	0	0	89 903	¢89 903
Costo de aprovechamiento	0	87 347	0	89 903	¢177 250
Administración y asistencia técnica					
Administración del proyecto	70 948	96 359	12 374	8 990	¢188 672
Asistencia técnica	89 903	179 806	179 806	0	¢449 514
Costo de administración y asistencia técnica	160 851	276 164	192 180	8 990	¢638 186
COSTO TOTAL	870 335	1 239 752	315 922	98 893	¢2 524 902
Flujo de caja neto	(¢870 335)	¢523 248	(¢315 922)	¢1 494 777	¢831 768

Cuadro 6. Resumen de indicadores financieros obtenidos del flujo de caja

Indicador Financiero	Valor obtenido
Valor actual neto (VAN)	¢456.923
Tasa interna de retorno (TIR)	32%
Tasa única de retorno (TUR)	12%
Relación beneficio-costos (B/C)	1,3

Bajo este escenario se obtuvo como resultado una TIR del 32% y el VAN en 30 meses corresponde a ¢456.923 por hectárea y calculado anualmente corresponde a ¢182.769 por hectárea. Mientras que el ingreso neto anual por la ganadería de carne en suelos marginales con desarrollo por siete meses (210 días) con 0,8 cabezas por hectárea (200 kg a la compra y 250 kg a la venta) dio como resultado ¢31.592 por hectárea (Sage, 2017). Es decir, resulta más rentable producir madera de melina para tarimas en un turno reducido de 30 meses que optar por la ganadería de engorde en las condiciones antes descritas.

Conclusiones

1. Los principales factores limitantes en el sitio del ensayo fueron la fertilidad del suelo, expresada principalmente en altos valores de saturación de acidez y en cuanto a las propiedades físicas, los altos valores de compactación en los primeros 60 cm. El uso correcto de la tierra para ambos lotes debe limitarse a cultivos perennes.
2. El establecimiento de la plantación requirió una preparación del terreno intensiva (incluido subsolado hasta 60cm de profundidad), tres pasadas de rastra, camellones y drenajes donde fuera necesario. Los árboles se plantaron con un espaciamiento de 3 x 4 metros. Además, se realizaron cuatro aplicaciones de encalado, una fertilización al momento de siembra y una fertilización foliar a los dos meses de edad y dos aplicaciones de fertilizante a la yuca. Se realizó una deshija y dos podas a los árboles de melina y no fue necesario realizar raleos.
3. A los 2,5 años de edad se alcanzó el turno de corta con 800 árboles por hectárea con un DAP de 17,0 centímetros y una altura total de 15,0 metros.
4. La melina produjo 68,1 metros cúbicos por hectárea de volumen comercial, es decir 24.652 pulgadas madereras ticas que representan un ingreso de 1.593.670 colones.
5. La cosecha de la yuca produjo 6.716 kg con un ingreso de 1.219.000 colones y la venta de semilla de Canavalia generó un ingreso de 487.500 colones.
6. El costo total del primer ciclo de cosecha del sistema agroforestal correspondió a ¢2.524.902 por hectárea en un plazo de 2,5 años (30 meses).
7. La rentabilidad del sistema agroforestal estudiado se valoró a través de su respectivo flujo de caja del cual se derivó que la tasa interna de retorno (TIR) correspondió al 32% y el valor actual neto (VAN) fue de ¢456.923 por hectárea y calculado anualmente corresponde a ¢182.769 por hectárea. Además, la relación beneficio-costos (B/C) fue igual que 1,3. Se concluye que es más rentable producir madera de melina para tarimas en un ciclo de cosecha de 2,5 años que optar por la ganadería de engorde en sitios de baja productividad.

Recomendaciones

1. En el caso de querer fomentar más la incorporación de cultivos agrícolas se recomienda aumentar el espaciamiento inicial de los árboles. Algunos espaciamientos que se pueden considerar son 4x4 metros o 5x 3 metros.
2. Debido al rápido crecimiento de la melina, se recomienda para la implementación de futuros sistemas agroforestales que incluyan combinaciones melina-yuca, establecer ambos cultivos al mismo tiempo.
3. Planificar adecuadamente el aprovechamiento forestal para fomentar la activación de yemas en los tocones
4. Evaluar el manejo de rebrotes.

Lecciones aprendidas

1. La identificación de los factores limitantes de un sitio es una técnica útil y fundamental para aumentar la productividad de plantaciones y sistemas agroforestales.
2. La incorporación de cultivos agrícolas dentro de plantaciones forestales es una alternativa viable para pequeños productores que deseen generar un ingreso adicional mientras el componente arbóreo se desarrolla para su posterior aprovechamiento
3. La implementación del SAF permitió un adecuado control de plantas arvenses y una reducción de insumos químicos. Adicionalmente, implementar una especie leguminosa como cobertura viva dentro del sistema aumentó los contenidos de nitrógeno foliar sin la necesidad de realizar aplicaciones constantes de fertilizante.
4. Las labores de cosecha de yuca fueron más agradables bajo los árboles que en un monocultivo.

Referencias

- Aguilar, E., Saborío, D., Morales, J., Chacón, M., Rodríguez, L., Acuña, P., Torres, S., Gómez, Y. 2017. Manual del cultivo de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Instituto Nacional de Transferencia Agraria. Costa Rica. 96 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, Costa Rica). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario. San José, Costa Rica. 146 p.
- ONF. 2021. Usos y aportes de la madera en Costa Rica, Estadísticas 2020 y Precios 2021. Oficina Nacional Forestal. San José, Costa Rica. 68 p.
- Peters, M., Franco, L., Schmidt, A., Hincapié, B. 2010. Especies forrajeras multipropósito. Opciones para productores del trópico americano. CIAT, Cali, Colombia. 222 p.
- PROCOMER. 2021. Estadísticas de exportación de yuca. Portal Estadístico. Promotora de Comercio Exterior. Disponible en <http://servicios.procomer.go.cr/estadisticas/inicio.aspx>
- Sage, L. 2017. Rentabilidad de ganadería de engorde en sitios de productividad marginal. Comunicación personal.