20996 Donado

Corpoica
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
LA LIBERTAD

Boletín divulgativo No. 12

Desarrollo de sistemas agroforestales para la Orinoquia colombiana

Alfonso Martínez Garnica[1]
Fernando García Rubio[2]

Diciembre 2003
Villavicencio, Meta, Colombia

---

[1] I.A. M.Sc. Sistemas de producción. PhD. Nutrición vegetal. Investigador Corpoica. Coordinador Nacional Plan Agroforestería. Corpoica C.I. La Libertad. Villavicencio, Meta.

[2] Ingeniero Forestal. Investigador Plan Agroforestería. Corpoica C.I. La Libertad. Villavicencio, Meta.

La financiación de esta publicación fue posible gracias a los recursos de cofinanciación aportados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en cumplimiento del convenio 071 ejecutado por CIAT-CORPOICA.

Autores

Martínez G., A.
García R., F

ISBN: 958-97452-1-0
Diciembre de 2003
Primera Edición
Villavicencio, Meta, Colombia
Publicación Corpoica La Libertad
Código: 02.07.12.08.32.03
Edición: M.V.Z. M.Sc. César Augusto Jaramillo Salazar
Programa Transferencia de Tecnología Corpoica La Libertad
Diseño: Fernando García Rubio
Fotografías: Alfonso Martínez G., Fernando García R.,
Carlos Eduardo Santos y Gloria E. Navas R.
Tiraje: 1.000 ejemplares
Armada digital e impresión: Editora Guadalupe Ltda.
Bogotá, D.C. - Colombia

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	4
VISIÓN	6
MISIÓN	6
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
ÁREAS TEMÁTICAS DE INVESTIGACIÓN	8
SISTEMAS AGROFORESTALES EN INVESTIGACIÓN	9
AGROFORESTERÍA CON CAUCHO NATURAL	10
AGROFORESTERÍA EN CALLEJONES	15
AGROFORESTERÍA CON PLÁTANO	18
PARCELAS ROTACIONALES AGROFORESTALES	22
EVALUACIÓN DE MICORRIZAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES	23
EVALUACIÓN DE ÁRBOLES PARA USO MÚLTIPLE	25
EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	28

INTRODUCCIÓN

A través de la historia los subsectores agrícola, pecuario y forestal se han desarrollado de manera independiente con muy poca integración espacial, temporal y productiva.

En este sentido, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, involucra la Agroforestería dentro de sus planes estratégicos de investigación con el objetivo de integrar estos subsectores, como una alternativa de uso del suelo en forma sostenible, productiva y económica, con potencial para aumentar las reservas de carbono y de nutrimentos del suelo, generar recursos económicos, recuperar praderas y suelos degradados, incorporar a la producción bosques secundarios y eliminar la tala de áreas adicionales de bosques primarios para la ampliación de la frontera agrícola y ganadera.

Con este enfoque, CORPOICA en la Orinoquia y Norte Amazónico asume la Agroforestería como una alternativa válida para intensificar la producción de los sistemas tradicionales y promover la diversificación de plantas y animales.

La generación continua de madera, alimentos y forraje para el ganado, consolida e incrementa la productividad de las explotaciones ganaderas; evita la degradación de los suelos y de las praderas y la reducción de la productividad a través del tiempo. El ganado se beneficia con un mejor micro ambiente, mayor sombra que reduce el estrés por exceso de radiación; mejor disponibilidad de alimentos para el ganado en épocas secas y mayor utilización del agua y los nutrientes; el follaje de los árboles es una fuente de energía digestible de excelente calidad que aporta nitrógeno y otros nutrientes necesarios para el funcionamiento ruminal y se estimula el consumo de forrajes.

Los árboles reducen la evapotranspiración, la velocidad del viento y el impacto de las gotas de lluvia. La utilización de sistemas agroforestales sostenibles, desde el punto de vista biofísico, económico y social, en diversos ecosistemas intervenidos, puede jugar un papel estratégico para reducir la presión sobre los bosques primarios, solucionar o reducir problemas de tenencia y de uso de la tierra; evitar la acelerada degradación de los recursos suelo, agua y biodiversidad; incrementar la seguridad alimentaria y reducir la pobreza rural y urbana.

En el presente documento se da a conocer el Plan de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Sistemas Agroforestales, como Plan Estratégico de Corpoica, incluyendo los principios rectores que orientan su accionar y las áreas temáticas de investigación. Igualmente, se detallan los sistemas agroforestales en investigación y algunos proyectos específicos que realiza el Plan en la región de los Llanos Orientales y el Piedemonte Amazónico.

Visión

Convertir los sistemas agroforestales en un eje para el desarrollo sostenible de las comunidades, capaz de afrontar los retos del nuevo milenio aplicando las tecnologías conocidas e interactuando con los elementos pecuarios, agrícolas y forestales que permitan un adecuado desarrollo económico sustentable del sector en el país.

Misión

Incorporar en la cultura de los productores agropecuarios el concepto de sostenibilidad a través del establecimiento de sistemas agroforestales, el análisis de sus interacciones, la evaluación productiva de sus componentes, con el propósito de generar un impacto social tal que impulse el desarrollo comunitario de las regiones y minimice la presión sobre los ecosistemas naturales.

Objetivo General

Mejorar la competitividad, sostenibilidad y estabilidad de los sistemas de producción agropecuarios con base en la evaluación, diseño y desarrollo de sistemas agroforestales que permitan optimizar las características productivas de los ecosistemas tropicales, reduzcan el impacto de los sistemas de producción en las áreas intervenidas y disminuyan la presión sobre los bosques naturales.

Objetivos Específicos

- ✓ Definición de regiones, subregiones, microregiones y sistemas de producción para el desarrollo agroforestal.
- ✓ Identificar y analizar los sistemas agroforestales tradicionales de la región.
- ✓ Generar modelos agroforestales adaptables para los sistemas de producción prioritarios.
- ✓ Desarrollar acciones sostenibles para el uso y manejo de recursos genéticos de árboles de uso múltiple adaptados.
- ✓ Articular el sistema de ciencia y tecnología, el sector productivo y el sector público, en torno al desarrollo y promoción de la agroforestería en Colombia.
- ✓ Estructurar un proceso continuado de capacitación, divulgación y transferencia sobre sistemas agroforestales y su tecnología, enfocado hacia el productor y el asistente técnico.
- ✓ Solucionar algunas de las limitantes de los actuales sistemas de producción en la región introduciendo el concepto de agroforestería.

AREAS TEMÁTICAS DE INVESTIGACIÓN

ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

- Características biofísicas
- Análisis de sostenibilidad

EVALUACIÓN DEL FLUJO DE NUTRIENTES

- Dinámica y balance
- Diversidad y composición botánica de especies

FISIOLOGÍA AMBIENTAL

- Fisiología de sistemas

EVALUACIÓN AGROPRODUCTIVA Y SOCIOECONÓMICA

- Gráficos de Odum
- Interacciones biofísicas entre componentes

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

SISTEMAS AGROFORESTALES EN INVESTIGACIÓN

Agroforestería con caucho natural

CORPOICA comenzó trabajos de Agroforestería con Caucho natural en 1998 en el C.I. Carimagua con un proyecto financiado por el Ministerio de Agricultura, en el cual se evaluaron los clones FX 3864, IAN 710, IAN 873, PB 260, RRIM 600 y GT1 en dos distancias de siembra (8 m x 2.5 m y surco doble a 3 m x 2.5 m dejando 13 m entre cada surco doble) y con kudzú como cobertura.

En 1999 se logró la financiación por parte del PLANTE de un proyecto para evaluar siete clones: FX 3864, IAN 710, IAN 873, PB 260, RRIM 600, GT1 y AVROS 2037 en las zonas cocaleras de San José del Guaviare (Finca el Porvenir de la vereda Cerritos), Puerto Gaitán (C.I. Carimagua) y como punto de referencia el C.I. La Libertad (Villavicencio), en diferentes sistemas de producción.

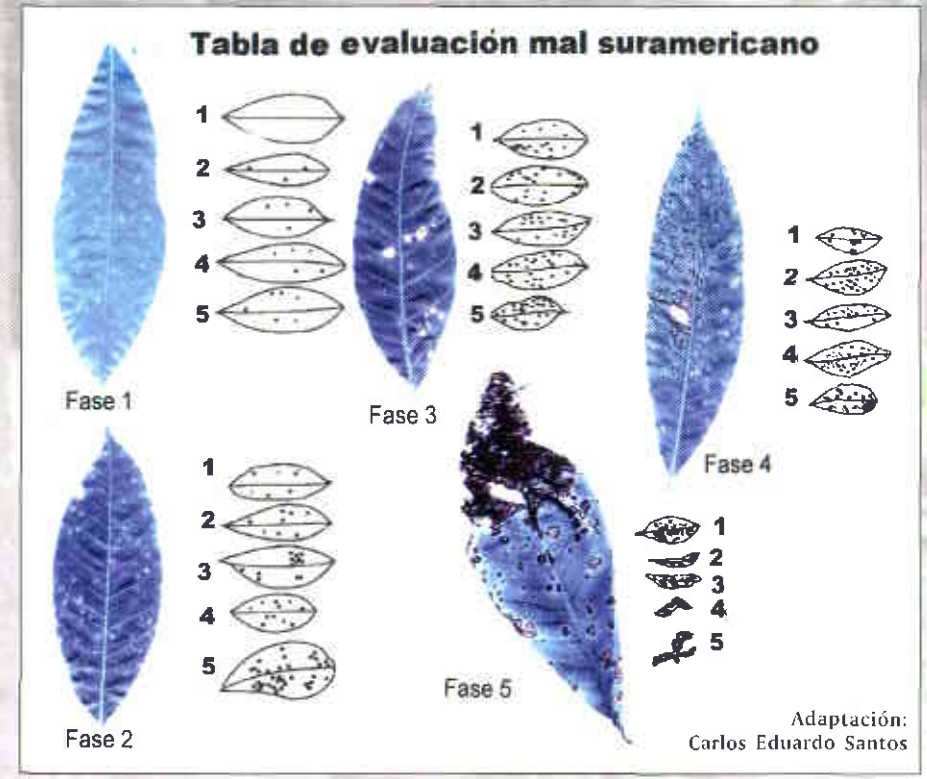
- En el C.I. La Libertad de Corpoica en Villavicencio (Meta) se han evaluado los siguientes cultivos asociados al Caucho en el sistema de relevo: cannavalia-arroz-soya-maíz-maíz-cannavalia y maíz; cannavalia-soya-soya-maíz-maíz-cannavalia-maíz. Actualmente se encuentra asociado plátano, cítricos y piña.

- En el C.I. Carimagua los sistemas arroz-cannavalia-soya-cannavalia-maíz y actualmente abonos verdes.

- En San José del Guaviare la mezcla de cultivos de economía campesina como yuca, maíz, caña panelera, plátano y malanga. Este proyecto fue financiado por un año y luego se logró la financiación hasta el 2003.

De igual manera en el 2000 se gestionó la financiación por parte de PRONATTA para un proyecto de Agroforestería con Caucho Natural para los departamentos de Arauca (vereda la Hormiga del municipio de Tame) y Casanare (vereda Guadalajara del municipio de Yopal) donde se evalúan los sistemas de producción cacao-plátano en Tame; y maíz para grano y forraje como apoyo a las explotaciones ganaderas de la región en Yopal.

Para la evaluación de la severidad del mal suramericano se están evaluando las plantaciones con la escala de Gasparotto



Inmune (Clase I). 1%. Libre de necrosis, manchas amarillas pero no esporuladas. No defoliación.

Resistente (Clase II). Del 1 al 6%. Lesiones de menos de 5 mm. No perforaciones, no raspaduras, no aborto en desarrollo y no destrucción de hojas.

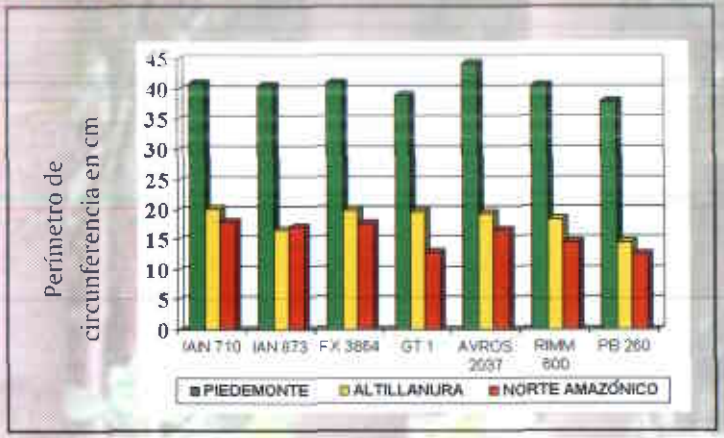
Intermedio (Clase III). Del 7 al 15%. Lesiones de más de 1 cm, manchas pequeñas no desarrolladas, perforaciones y algo de distorsión de hojas.

Suceptible (Clase IV). Del 15 al 30%. Lesiones abundantes, perforaciones, distorsión de hojas, infección en tallos, pérdida de vigor.

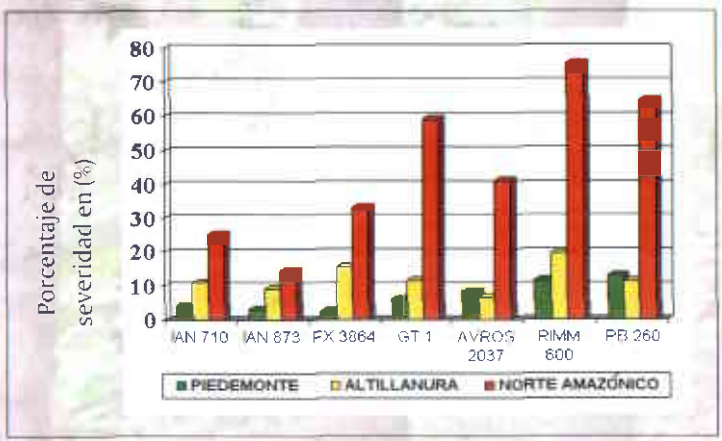
Altamente suceptibles (Clase V). Más del 30%. Síntomas severos, defoliación y muerte de brotes.

Avances de resultados

Incremento en perímetro de circunferencia a 1,20 m de altura para siete clones de caucho natural de cuatro años de edad en tres localidades.



Severidad del mal suramericano de las hojas para siete clones de caucho natural de cuatro años de edad en tres localidades.

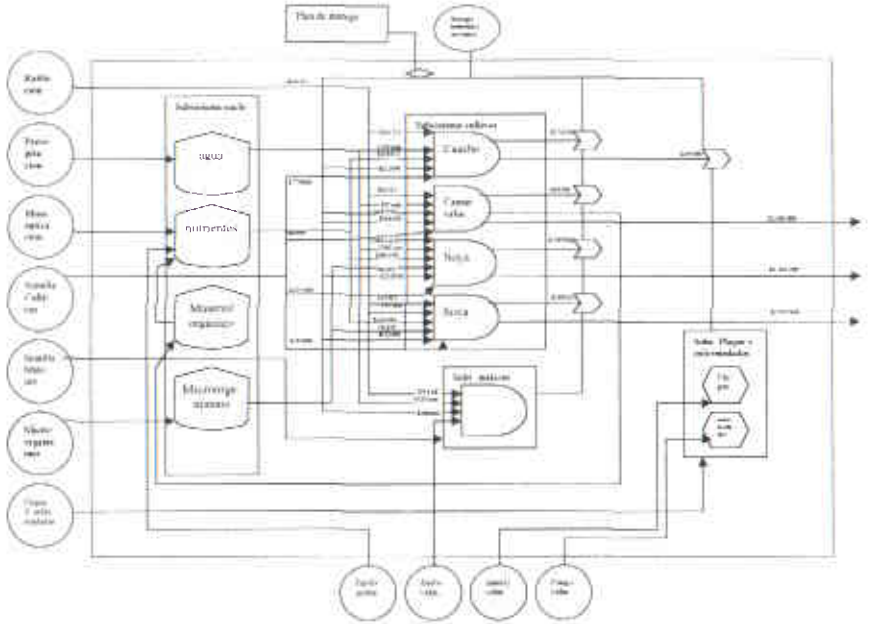


Evaluación agroproductiva y socioeconómica

En el C.I. La Libertad se evaluaron los siguientes sistemas de producción asociados al caucho: cannavalia-soya-maíz-maíz-cannavalia-maíz y plátano en relevo. La metodología utilizada para desarrollar este objetivo fue la siguiente:

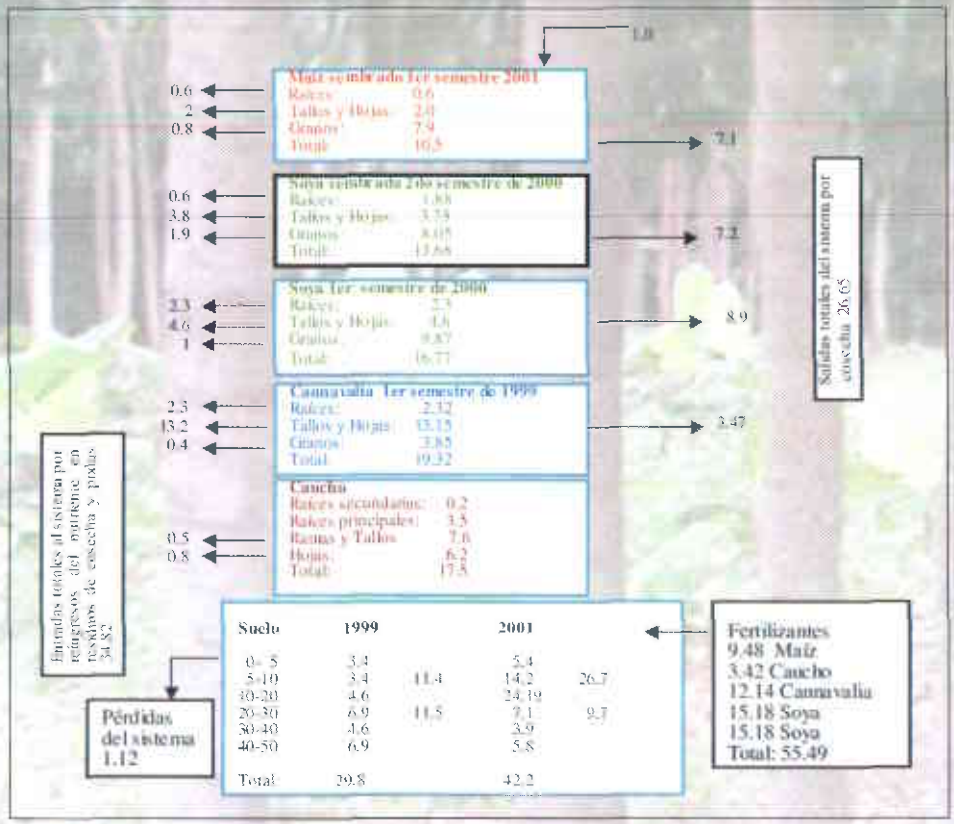
- en primer lugar se determinó la extracción de nutrientes del suelo por sistema de producción evaluado, para lo cual se cuantifican la biomasa producida y los nutrientes presentes en ella,
- posteriormente se hizo el balance de los nutrientes N, P, K para determinar la sostenibilidad en el suelo del sistema, y
- finalmente, por medio de las gráficas de Odum se hizo un balance económico.

Sistema de producción de Caucho asociado en relevo con Cannavalia – soya – soya (1999 – 2000 a – 2000 b) Flujo de dinero.



Balance del fósforo en el sistema caucho asociado con cannavalia-soya-soya y maíz en relevo en el C.I. La Libertad

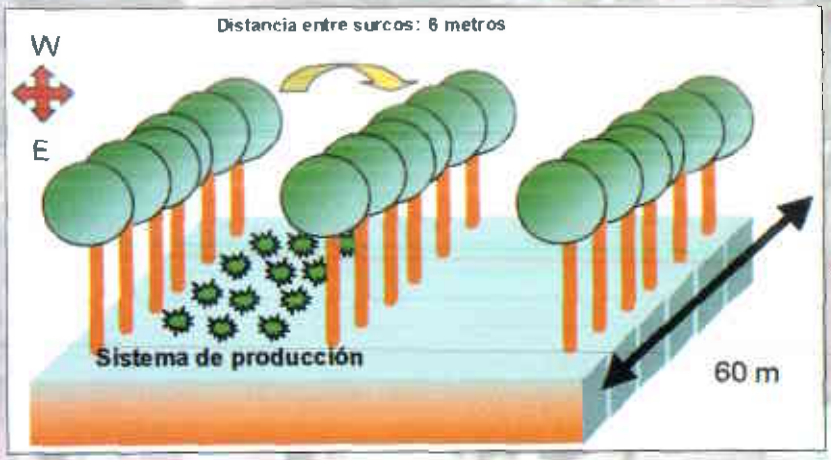
En estudios hechos en esta disciplina se determinó la producción de materia fresca y seca por localidad y por clon; la concentración de los diferentes elementos minerales en las diferentes partes de la planta de caucho tomando como referencia los clones PB 260 e IAN 710 para determinar la extracción de los mismos desde el suelo y hacer más eficiente la fertilización por localidad. Posteriormente, se determina la concentración de los diferentes elementos minerales en el tejido vegetal, en diferentes cultivos asociados en cada uno de los sistemas de producción evaluados y así, siguiendo la metodología de Fassbenter, se determina el balance de cada elemento por sistema.



Agroforestería en callejones

La investigación en Agroforestería en callejones se inició en el año 2000 en las localidades de Tame y Arauquita en el departamento de Arauca, y en Yopal y Nunchía en el departamento de Casanare. La metodología utilizada es la de establecer callejones de forestales sembrados a 0.5 m x 0.5 m en surco doble y se deja entre dos surcos dobles contiguos una distancia de 8 m y es el lugar en donde se siembran los diferentes cultivos que maneja la economía campesina.

El diseño experimental empleado es el de parcelas divididas, en donde la parcela principal es el forestal y la subparcela los cultivos. Cada tratamiento tiene tres repeticiones. Se emplearon los forestales guandul (*Cajanus cajanus*), matarratón (*Gliricidia sepium*) y Cajeto (*Trichantera gigantea*). Posteriormente se amplió el estudio a otras especies forestales como Yopo (*Piptadenia sp*), *Acacia mangium*, y *Erytrina fusca*.



En estos trabajos de investigación, es necesario determinar la cantidad de carbohidratos aportados por los cultivos asociados, en caso de que se quieran utilizar, bien para la alimentación humana o animal; así como para determinar el área de cada tratamiento para alimentar un número específico de animales o personas. Para hacer este análisis se hace necesario conocer el contenido de carbohidratos, proteínas y grasas por tratamiento.

Composición de la materia seca en la porción alimentaria (%)

Cultivo	Proteína	Carbohidratos	
Yuca	2.5	88.3	
Maíz	11.3	80.87	
Caupí	25.0	57.0	
Arroz	7.2	79.7	
Soya	36.5	30.2	
Frijol	26.0	58.0	

Análisis de la proteína producida por sistema de producción evaluado en la parte comestible por cultivo o asocio de cultivos (kg/ha). Yopal, Casanare

Tratamiento	Promedio*
Soya	602.9 a
Caupí	309.2 b
Arroz línea 30	281.0 bc
Arroz fortuna	280.1 bc
Frijol + maíz	254.3 cd
Frijol + yuca	245.8 de
Arroz + yuca	199.1 ef
Maíz	185.4 fg
Yuca	155.8 g
Maíz + yuca	150 g
Maíz regional + Yuca regional	123.3 h

* Cantidades seguidas con letras iguales no difieren entre sí, según prueba de Tukey.

La soya es el cultivo que mayor cantidad de proteína produce (602,9 kg/ha), que puede ser utilizada en el caso de que la necesidad del productor sea una fuente de proteína. Igualmente se analizaron los contenidos de carbohidratos y grasas por cada tratamiento.

Análisis de la cantidad de carbohidratos producidos por sistema en la parte comestible (kg/ha). Yopal, Casanare

Tratamiento	Promedio*
Yuca	5.499 a
Yuca + arroz línea 30	3.584 b
Arroz fortuna	3.095 bc
Arroz línea 30	2.999 c
Yuca + fríjol	2.870 cd
Yuca + maíz	2.812 d
Yuca + maíz regional	2.168 d
Maíz	1.328 e
Fríjol + maíz	1.063 ef
Caupí	718 f
Soya	498 f

* Cantidades seguidas con letras iguales no difieren estadísticamente entre sí, según prueba de Tukey.

Si el agricultor desea que en su finca haya una fuente de carbohidratos para alimentación animal, la yuca es definitivamente el cultivo que se debe emplear (5.499 kg/ha).

Una vez hechos, los análisis se determinó la cantidad de energía (cal/g) producida por la parte comestible de los tratamientos evaluados, dependiendo de la energía contenida en los carbohidratos, proteínas y grasas de ellos. Este análisis se hace igual para determinar el uso alimentario de cada uno de los cultivos o sistemas de cultivos evaluados.

Agroforestería con plátano

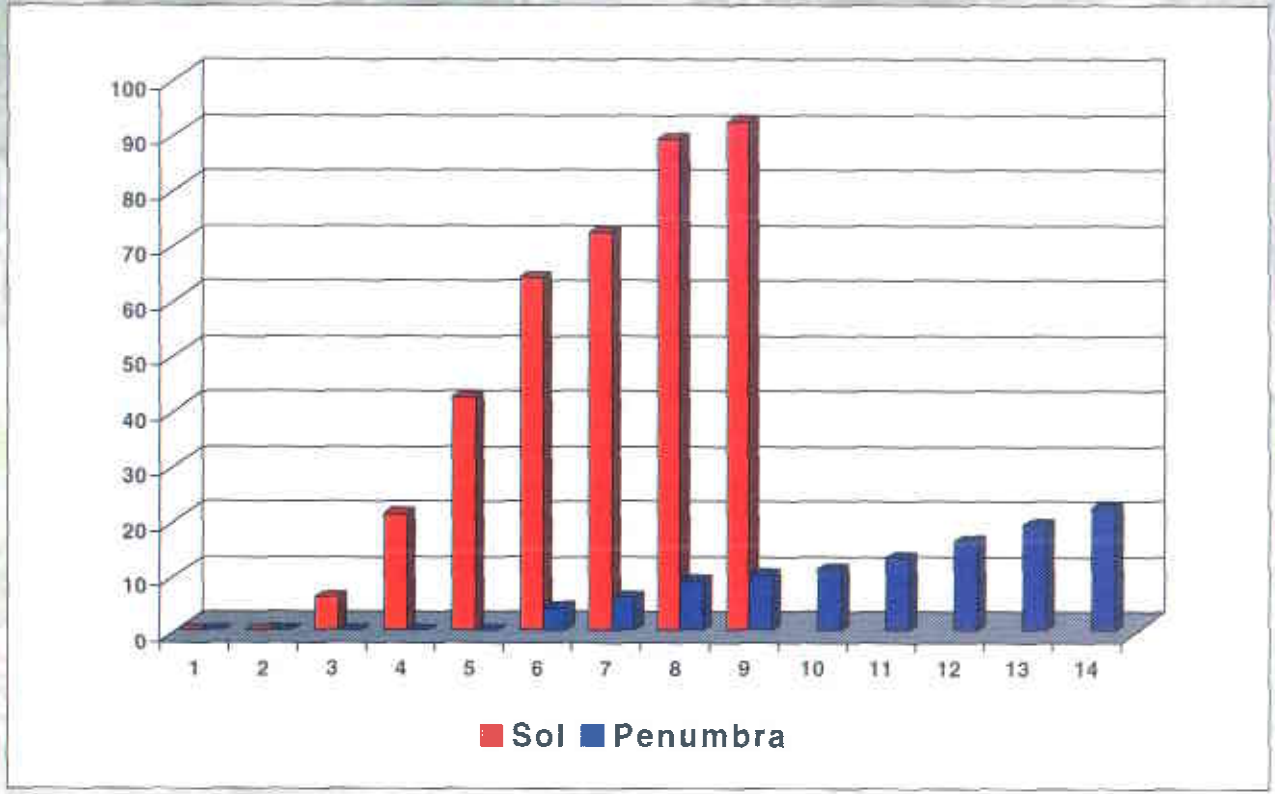
Hasta el año 1995 la economía campesina del Piedemonte Llanero manejaba más del 95% de los cultivos de plátano, siendo este cultivo el capitalizador de dicha economía.

La llegada de la sigatoka negra a estas zonas plataneras fue catastrófica. Hasta el presente han desaparecido más de 25.000 hectáreas como consecuencia de la severidad de la enfermedad en la zona, agravado por las condiciones ambientales reinantes y por la incapacidad de los productores de economía campesina para aplicar el control integrado de la enfermedad, entre ellos el control químico, por sus limitaciones económicas.

A partir de 1996 se comenzaron a realizar ensayos de investigación en diferentes modalidades, en donde se demostró que el cultivo de plátano bajo 50% de sombra, proporcionada por diferentes especies forestales, reducía drásticamente la severidad de la enfermedad y los costos de producción, al disminuir actividades como control de malezas, control fitosanitario y químico de la enfermedad y la fertilización.

De igual manera se trató de dar explicación a este hecho realizando análisis nutricionales y del suelo.

Evaluación de la severidad de la sigatoka negra en hojas de plantas de plátano sembradas a libre exposición solar y bajo penumbra. Tame, Arauca 1997 - 1999



Planta joven de plátano en sistema agroforestal con un mínimo de 14 hojas sanas.
Tame - Arauca

Planta joven de plátano a plena exposición solar fuertemente afectada por sigatoka negra.
Tame - Arauca

Plátano bajo sombrío de *Gmelina arborea, Pochota quinata y Pseudosamanea guachapele*, Casanare

Anacardium excelsum asociado con plátano, Saravena – Arauca

Plátano bajo sombrío de *Hevea brasiliensis*. Centro de Investigación La Libertad, Villavicencio - Meta

Parcelas rotacionales agroforestales

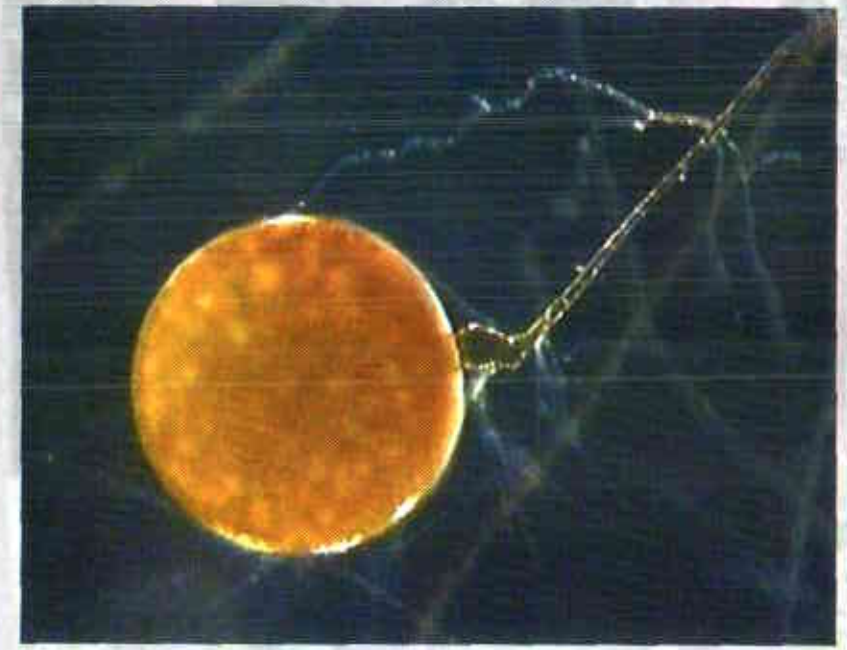
Uno de lo mayores perjuicios que han ocasionado los procesos de colonización en el departamento del Guaviare ha sido la degradación de los suelos, en especial los denominados de tierra firme. El proceso básicamente ha consistido en la tumba del bosque natural para posteriormente sembrar una o dos cosechas de maíz y luego implementar cultivos de pasto para la ganadería. En la actualidad son miles de hectáreas las que ya se encuentran como praderas degradadas y que son susceptibles de mejorar o recuperar a través de sistemas agroforestales.

CORPOICA viene adelantando un proyecto en este departamento que consiste básicamente en iniciar la recuperación de estos suelos por medio de leguminosas de cobertura y arbustivas, para posteriormente sembrar cultivos propios de la economía campesina para garantizar la seguridad alimentaria junto con árboles de maderas finas y finalmente, una vez crezcan estos árboles, se reinicia la recuperación de la cobertura boscosa.

Se han venido sembrando especies como Igúa (*Pseudasamanea guachapele*), Cañafistul (*Cassia fistula*), leguminosas arbustivas como Cannavalia y Corocora y leguminosas rastreras como kudzú y mucuna; como especies para garantizar la seguridad alimentaria se han sembrado cultivos como maíz, plátano, yuca, arroz, araceas, piña, lulo amazónico, frijol caupí y soya; y como especies de maderas finas se han sembrado abarco, macano y cedro amargo.

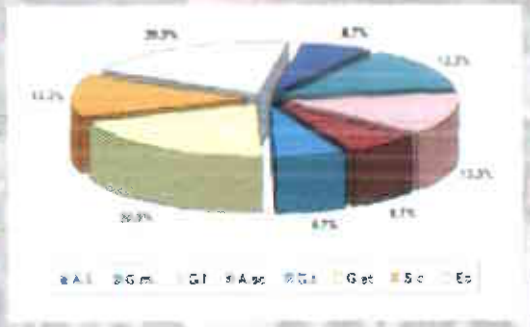
Los objetivos de este proyecto, son los de recuperar los suelos de tierra firme del departamento del Guaviare, que han sido degradados por los procesos de colonización, por medio de parcelas rotacionales agroforestales que garanticen la seguridad alimentaria de los productores, recuperen la fertilidad natural de los suelos y al final del proceso, siembra en relevo de una serie de especies árboreas, de cobertura y de consumo para la economía campesina.

Este proyecto inició en el 2000 e involucra en forma directa a 90 productores, ubicados en los municipios de San José del Guaviare, El Retorno y Calamar y fue financiado por el PRONATTA.



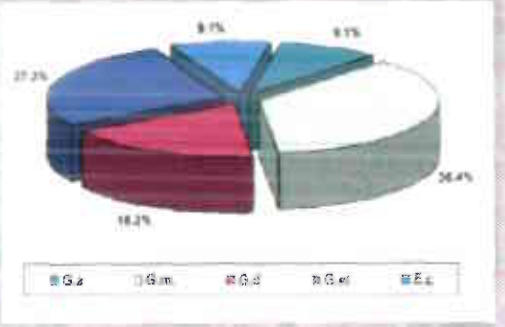
Evaluación de micorrizas en sistemas agroforestales

Se caracterizaron cuatro cepas de micorrizas provenientes de cultivos de caucho ubicados en las localidades de MAVALLE S.A. (Remolino, Meta), la Victoria (Caldas), municipio de San José del Guaviare (vereda Cerritos, finca el Porvenir) y C.I. La Libertad (Villavicencio). Una vez caracterizadas se multiplicaron en pasto Brachiaria. Por otro lado se sembró un semillero con 7.000 plántulas de caucho (plántulas del ensayo y para bordes) sobre las cuales se aplicaron las cepas de las micorrizas en un ensayo con un diseño experimental de parcelas subdivididas, en donde la parcela principal eran las micorrizas, la subparcela eran dos tipos de fertilización (fertilización completa: 5 g de úrea, 2,5 g de superfosfato triple, 5 g de cloruro de potasio, 2 g de óxido de calcio, 2 g de óxido de magnesio, 1 g de boro agrícola, 1 g de sulfato de azufre y 1 g de sulfato de cobre por plántula, y el otro tratamiento, media fertilización) y la subsubparcela eran los clones IAN 873, FX 3864, RRIM 600 y AVROS 2037. La parcela mínima era de 40 plántulas, por lo que el ensayo en semillero tenía 5120 plántulas de caucho. En la época de semillero se tomaron los parámetros de número de lanzamientos y altura del patrón. Posteriormente se injertaron con los clones de caucho antes mencionados y en agosto del año 2003 se sembraron en sitio definitivo en un lote del C.I. La Libertad, Corpoica, Villavicencio.

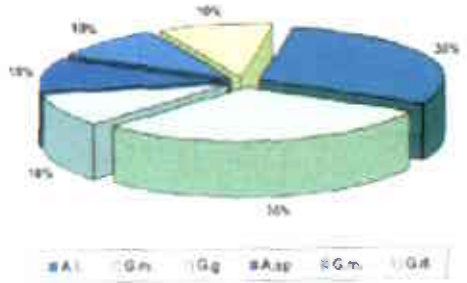


Distribución de los H.M.A. asociados con caucho en La Victoria (Caldas) 2,5 años

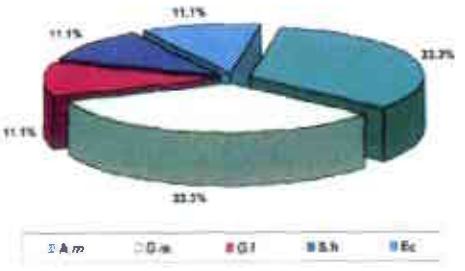
Nombres micorrizas	
Acaulospora longula	Al
Glomus macrocarpum	Gm
Glomus fasciculatum	Gf
Acaulospora birecticulata	A. bc
Glomus tenebrosum	Gt
Glomus etunicatum	G. et
Escutellospora callospora	Sc
Entropospora colombiana	Ec
Glomus agragatum	Ga
Scutellospora heterogame	Sh
Acaulospora morricuiae	Am



Distribución de los H.M.A. asociados a la vegetación natural en La Libertad



Distribución de los H.M.A. asociados con caucho en Puerto López (Mavalle) 2,5 años



Distribución de los H.M.A. asociados con caucho en San José del Guaviare 1999

Evaluación de árboles para uso múltiple

Para maximizar la producción de productos forestales primarios (madera) para fines comerciales (tipo de producción llamada también silvicultura) se realizan plantaciones de árboles usando los mismos principios de la agricultura tradicional. El terreno se prepara, se le adiciona fertilizante, se plantan los arbolitos y se realizan labores de mantenimiento hasta que el árbol sea capaz de imponerse sobre la vegetación del lugar. En pocos o en muchos años (de acuerdo con la especie) se pueden cosechar los árboles tal como una producción agrícola. Las plantaciones forestales requieren mayor administración que un cultivo anual y que un bosque natural y por lo tanto, mayor uso de energía directa e indirecta, sin embargo también los rendimientos son mucho más altos.

En la investigación forestal, la metodología recoge todo este proceso, analiza y evalúa el comportamiento de las diversas especies en cada una de las etapas de desarrollo de la plantación, desde el vivero hasta la cosecha final, con el fin de buscar alternativas tecnológicas con especies que permitan la eficiencia, la calidad y la competitividad en la obtención de los productos sin el detrimento del medio en donde se desarrolla.

Para la evaluación de árboles y arbustos de uso múltiple se adoptó una metodología de evaluación desarrollada por la FAO en 1990. Esta metodología permite a través del tiempo, determinar las especies más adecuadas de acuerdo con los requerimientos finales de producción, proponiendo una serie de pasos y procesos que al final permiten obtener germoplasma con un alto grado de adaptación, con productos de calidad y con niveles de impacto amigables para con los componentes naturales del medio en donde se desea establecer la planta.

Esta metodología puede ser aplicada dependiendo de la especie en un lapso de tiempo en ocasiones hasta de 30 años. Para especies de rápido crecimiento la metodología de evaluación puede durar de 12 a 15 años antes de llegar a conclusiones que permitan entregar un producto de significancia tecnológica.

El germoplasma seleccionado para establecer en las fincas tendrá como soporte una serie de procesos que han determinado el desarrollo, la producción, el uso, la fertilización adecuada, las plagas y enfermedades y la valoración de los impactos del material vegetal sobre el medio, asegurando su compatibilidad con cada uno de los elementos que lo conforman.

Especies forestales potenciales para los sistemas agroforestales. Orinoquia

Evaluación del impacto ambiental

La característica natural de los cultivos permanentes garantizan la creación de nichos ecológicos, además de amortiguar y contrarrestar el proceso antrópico de expansión de la frontera ganadera y agrícola.

La evaluación de los impactos ambientales generados por la implementación de esta actividad, permitirá conocer las interacciones entre el medio y el sistema, además de los beneficios productivos implícitos en su desarrollo y la trascendencia de los mismos en el contexto socioeconómico de la región.

Bajo este enfoque se evalúan los impactos sobre el componente suelo (microbiología, propiedades físicas y químicas, densidad y acidez), sobre el ciclo hidrológico (escorrentía, intercepción, precipitación, etc.), sobre el componente flora (taxonomía, distribución) y fauna (entomofauna, artrópodos, mamíferos, etc), para de esta forma determinar la incidencia sobre el medio de cada una de las etapas de una plantación permanente y la generación de un plan integral de manejo que dirija esta actividad hacia una verdadera producción limpia.