

20642

2 cop.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

Reg 027335

28



17 MAYO 2006



Programa Nacional de
Transferencia de Tecnología
Agropecuaria

Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles para Clima Cálido de Santander y Norte de Santander



Boletín Técnico

Fabián Jiménez Arango
Jairo Alvarado Gómez
Hernando Castro Ardila
Luz Alba Luna Geller
Henry Mateus Echeverría
Victor M. Moreno Jeréz

Bucaramanga, 2003



CONTENIDO

Agradecimientos	4
Presentación	5
Introducción	7
Antecedentes	9
Metodología	13
Resultados y Discusión	16
Conclusiones	36
Referencias Bibliográficas	37

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento al Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria "PRONATTA", por el aporte de recursos económicos para la realización de la investigación y de este documento.

A los propietarios de las fincas por su colaboración para el establecimiento de los diferentes arreglos silvopastoriles.

A los auxiliares de técnico de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria "Corpoica", por su dedicación y colaboración en todo el proceso del proyecto.

Al personal Administrativo de la Regional Siete de Corpoica, por su colaboración en los trámites presupuestales, los cuales facilitaron el proceso.

PRESENTACION

Las innovaciones tecnológicas, especialmente las del sector pecuario y más concretamente las de ganadería, han conducido a un deterioro del aparato productivo, siendo más marcado el efecto sobre el recurso natural: suelo, agua, medio ambiente.

Conscientes de esta situación, los profesionales y técnicos de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Bucaramanga, han adelantado una serie de investigaciones en sistemas silvopastoriles, los cuales se han convertido en una solución para sustituir, a largo plazo, las demandas por productos de bosque natural y a corto plazo, como productores de leña, frutos, follaje para los animales y cortinas rompevientos. Además, no sólo mejoran los rendimientos de carne y leche, sino que incrementan la rentabilidad de la explotación a través de una relación óptima costo/beneficio sin atentar contra el medio ambiente.

Es de gran utilidad para el país, esta nueva publicación, en la cual se recopilan los resultados de la investigación en el establecimiento de sistemas silvopastoriles realizada para clima cálido de Santander y Norte de Santander y el efecto de éstos, sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos, composición botánica de la pradera, producción de forraje y valor nutritivo de la misma.

Los autores esperan que este material se convierta en una fuente útil de consulta para los técnicos y ganaderos del nororiente colombiano y que sirva de base para trabajos posteriores relacionados con esta temática.



Fabián Jiménez Arango
Director Corpoica San Gil

INTRODUCCION

En Colombia, la superficie total agropecuaria está estimada en 51.008.326 hectáreas, de las cuales corresponden al renglón pecuario 37.185.336 hectáreas. La mayor parte de éstas se dedica a pastos para la ganadería bovina, manejados en un 70% con sistemas de producción extensivos caracterizados por su baja producción por unidad de superficie, convirtiéndose en un factor de deterioro ambiental, no competitivo y, por ende, generador de pobreza.

Con el propósito que en un futuro cercano las explotaciones bovinas armonicen con la oferta ambiental y sean económicamente viables para los productores, se proponen los sistemas silvopastoriles como una alternativa de producción que atenúe el efecto negativo de la carga de calor sobre el consumo y productividad de los animales y el mejoramiento general de los índices de sostenibilidad en cada unidad de producción.

Existen evidencias de la contribución de los sistemas silvopastoriles para incrementar la rentabilidad de la explotación agropecuaria, mediante la disminución de los costos de producción, mejorando la relación costo/beneficio y el flujo de caja, pues la producción diversificada posible de obtener, contribuye a generar ingresos al productor a través de todo el año. Con base en lo anterior, se desarrolló el proyecto «Desarrollo de Alternativas Silvopastoriles» con los siguientes objetivos:

- Determinar los cambios físicos - químicos del suelo, en los diferentes arreglos.
- Evaluar el efecto de la distancia de siembra de las arbóreas sobre la producción y calidad de la biomasa de la pradera.
- Determinar los incrementos de peso y/o producción de leche en bovinos de doble propósito en pastoreo en el sistema silvopastoril.
- Generar la matriz de costos directos e indirectos asociados al establecimiento de los sistemas silvopastoriles.

Ramoneo de *Gliricidia sepium*



ANTECEDENTES

El país atraviesa por un esquema de apertura económica e internacionalización de los mercados lo cual implica que las actividades productivas deben mejorar su eficiencia de producción, si quieren vivir en un ambiente económico más competitivo (Rivas, 1995). Esto enmarca claramente, el reto al que se enfrenta la ganadería colombiana, para ser competitiva y, por lo tanto, eficiente. Eficiencia que debe ser concebida bajo un esquema diferente al tradicional, es decir, mediante sistemas de producción agroforestales que mantengan o incrementen los rendimientos productivos por unidad de área, pero que conserven los recursos naturales y protejan el medio ambiente (Mahecha, 2002).

La agroforestería se entiende tradicionalmente como todos aquellos sistemas donde hay una combinación de especies arbóreas con especies herbáceas, generalmente cultivadas. El silvopastoreo es un tipo de agroforestería, considerada como una opción de producción pecuaria en donde las leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) en un sistema de manejo integral.

Los árboles pueden ser de vegetación natural o plantados con fines maderables, para productos industriales, como frutales o como árboles multipropósito en apoyo específico para la producción animal. Por lo tanto, existen varios tipos de sistemas silvopastoriles.

En Colombia, se puede apreciar pastoreo en bosques naturales, en plantaciones forestales para madera, en huertos, en plantaciones de árboles con fines industriales, pastoreo en plantaciones de árboles frutales, praderas con árboles y/o arbustos forrajeros, sistemas mixtos con árboles o arbustos multipropósito para corte, cercas vivas y pastoreo en bancos forrajeros de leñosas perennes (Mahecha, 2002).

Entre las especies arbustivas investigadas en Colombia (Mahecha, 2002), consideradas como potenciales por su alto valor nutritivo o servicios multipropósito dentro de los sistemas silvopastoriles, se encuentran las acacias (*Acacia sp.*), el nacedero (*Trichantera gigantea*), el poró (*Erythrina*

poeppigiana), la leucaena (*Leucaena leucocephala*), el algarrobo (*Prosopis juliflora*), el chachafruto (*Erythrina edulis*), el pízamo (*Erythrina fusca*), el guácimo (*Guazuma ulmifolia*), el matarratón (*Gliricidia sepium*), el orejero (*Enterolobium cyclocarpum*), el flor amarillo (*Cassia spectabilis*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*).

En los sistemas silvopastoriles se pueden utilizar árboles y/o arbustos que proporcionen al ganadero ingresos adicionales por la venta de fruta o madera fina (Gutiérrez, 2003); sin embargo, los árboles leguminosos o fijadores de nitrógeno (AFN) son los más recomendados por las siguientes razones: (Botero, 1999)

- Fijan nitrógeno en el suelo debido a su capacidad de tomarlo de la atmósfera, a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces, y por medio del aporte de materia orgánica hecha al suelo a través de la caída periódica, estacional, natural o provocada de hojas, flores, frutos, ramas y raíces muertas.
- Pueden mejorar las condiciones físicas del suelo (porosidad y densidad aparente).
- Los animales pueden consumir las legumbres o frutos, aprovechando sus nutrimentos, escarifican las semillas que contienen y las dispersan en las heces.
- Un alto porcentaje de gramíneas de piso crecen mejor bajo la sombra de la copa de los árboles.
- Producen mayor cantidad de forraje y tienen una mayor calidad nutritiva (menor contenido de ligno-celulosa y mayor contenido de proteína), comparadas con las gramíneas que crecen a plena exposición solar.

En estudios realizados por Gómez (1997), se encontró que se aumenta la productividad vegetal y animal sin incrementar los insumos cuando se utilizan sistemas silvopastoriles con *Trichantera gigantea*, *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia*. Además, conservan la pradera con buena calidad por el efecto del microclima y minimizan la escorrentía del agua y la pérdida de suelo.

Ramírez (1998), encontró incrementos promedio de 0.05% de nitrógeno y 11.0 ppm de fósforo en el suelo de un sistema silvopastoril, constituido

por *Leucaena leucocephala* y *Cynodon nlemfuensis*

La *Leucaena leucocephala* produce entre 12 a 20 toneladas de materia seca por hectárea. Las hojas y tallos, por su contenido de nutrientes, son un alimento completo para los rumiantes, comparable a la alfalfa. Posee un contenido promedio de proteína cruda del 22 al 23%.

Las hojuelas que pueden ser rápidamente separadas del raquis de la hoja, producen un alimento alto en proteína, su digestibilidad es superior a la de la alfalfa y contiene el doble de vitamina A y caroteno. Sus niveles de mimosina, alcaloide tóxico, es de 4 a 5% cuando el crecimiento es lento y muy cerca del 10% cuando éste es rápido (Cardona, 1996).

Dependiendo del sistema de propagación, densidad de siembra y altura de corte, el *Gliricidia sepium* puede producir entre 12.700 y 18.800 kilogramos de forraje verde por hectárea y su contenido de proteína está cerca al 23% con un FDA de 45% y niveles bajos de fósforo.

En estudios realizados por Rodríguez (2003), en un sistema silvopastoril conformado por *Brachiaria humidicola* y *Acacia mangium*, se encontraron incrementos de peso de 241 gramos/animal/día con relación a 120 gramos que alcanzaron los animales que no tuvieron acceso a la arbórea y Angulo (2003), reporta ganancias de 294 gramos/animal/día cuando el follaje de la planta se ofrece fresco y picado a novillas de levante.



Gliricidia sepium 60 días de descanso



METODOLOGIA

Antes de establecer los experimentos, se realizaron reuniones en cada localidad con los respectivos técnicos de la región, para hacerlos partícipes del proceso. Las fincas fueron seleccionadas en las veredas de mayor influencia ganadera (Tabla 1).

En cada una de ellas se utilizó como mínimo un predio de 1.5 hectáreas para establecer las arbóreas o arbustivas seleccionadas por el productor. Se emplearon distancias de siembra de 7x7, 8x8 y 10x10 metros, en un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres tratamientos por tres repeticiones. Se utilizó material vegetativo de la zona, el cual fue fertilizado de acuerdo con el análisis de suelos.

Durante el proceso de investigación, se tomó la siguiente información:

A) Antes del establecimiento de las arbóreas

- Análisis químico de suelos (completo)
- Análisis físico de suelos (densidad aparente, densidad real, porosidad)
- Composición botánica de la pradera expresada en porcentaje
- Análisis bromatológico de la pradera (proteína, FDA, y DVIVMS)

B) Durante el periodo de establecimiento de las arbóreas

- Cada tres meses y a partir de los 30 centímetros de altura, se determinó el crecimiento y diámetro de las arbóreas en los diferentes tratamientos, hasta llegar a una altura de dos metros, en la cual se hizo el descope y se

introdujeron los animales para iniciar la toma de datos relacionados con incremento de peso y producción de leche.

C) En la fase de producción

- Las praderas se sometieron a pastoreo rotacional con periodos de ocupación y descanso de acuerdo con el desarrollo de la pradera y las condiciones de cada localidad.

Antes de entrar los animales a pastoreo por primera vez, se tomaron muestras de suelo y forraje de cada uno de los tratamientos, conforme con la metodología diseñada por la red internacional de pastos y forrajes tropicales. Este mismo procedimiento se siguió al terminar la investigación.

- Durante toda la fase de pastoreo, la cual empezó a partir de los dos metros de altura de las arbóreas, se tomaron muestras de forraje antes de cada período de ocupación para determinar las fluctuaciones de biomasa y materia seca.

- El comportamiento relacionado con incremento de peso y producción de leche se determinó de acuerdo con las condiciones propias de cada explotación, ya que en algunas de éstas, los mismos fueron evaluados cada ocho días y en otros, cada 30.

- En las localidades donde no se introdujeron animales, se calculó el incremento de peso con base en la energía metabolizable de la pradera.

- Para la comparación de promedios de biomasa, incrementos de peso y producción de leche se utilizó la prueba de Duncan.



Tabla 1. Localización y arbóreas establecidas por localidad.

MUNICIPIO	VEREDA	ARBOREA	GRAMINEA DE PISO	a.s.n.m.
Simacota	La Llanita	<i>Matarratón</i> (<i>Gliricida sepium</i>)	<i>Hyparrhenia rufa</i> <i>Brachiaria decumbens</i>	730 m
Cúcuta	Agua clara	<i>Leucaena</i> (<i>Leucaena leucocephala</i>)	<i>Paspalum sp</i> <i>Dichanthium aristatum</i> <i>Brachiaria sp</i>	80 m
El Zulia	Pedregales	<i>Leucaena</i> (<i>Leucaena leucocephala</i>)	<i>Cynodon niemfuensis</i> <i>Paspalum sp</i>	150 m
Barranca-bermeja	Lizama Fortuna	<i>Acacia magna</i> (<i>Acacia mangium.</i>)	<i>Brachiaria humidicola</i>	90 m
Sabana de Torres	Irlanda	Nauno (<i>Pseudosamanea guachapelle</i>)	<i>Brachiaria decumbens</i>	125 m
Rionegro	Alto Bello	<i>Leucaena</i> (<i>Leucaena leucocephala</i>)	<i>Brachiaria decumbens</i>	500 m



Pradera testigo *Brachiaria decumbens*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los tratamientos sobre las características del suelo

El análisis comparativo de las características físicas y químicas del suelo antes de iniciar la investigación y dos años después de establecidos los sistemas silvopastoriles, permite señalar algunos cambios en estas variables, los cuales se indican a continuación:

Cambio en las características físicas

En su condición inicial, la localidad de Rionegro presenta la menor densidad aparente (0.98 g/cc) y la mayor porosidad (60.21%); sin embargo, en ninguna de las localidades se presentaron problemas de compactación.

Después de 24 meses y una vez efectuados los pastoreos correspondientes, la densidad aparente se incrementó en todos los tratamientos de las diferentes localidades, siendo más marcado el efecto en Cúcuta y Simacota. Así mismo, la porosidad disminuyó en ambas localidades, sin que se presentaran problemas de compactación en el suelo (Tabla 2).

En el Zulia, Barrancabermeja y Rionegro, la densidad aparente y porosidad no presentan incrementos considerables, lo que indica el efecto positivo del sistema radicular de las arbóreas sobre las propiedades físicas del suelo.



Toma muestra del suelo.

Tabla 2. Características físicas del suelo.

LOCALIDAD	DIST. SIEMBRA m.	DENSIDAD		POROSIDAD %
		Aparente g/cc	Real g/cc	
Simacota	Inicial	1.10	2.54	56.67
	24 meses después de establecido el sistema			
	7x7	1.51	2.61	42.15
	8x8	1.32	2.59	49.03
	10x10	1.50	2.58	41.86
CUCUTA	Inicial	1.10	2.58	57.33
	24 meses después de establecido el sistema			
	7x7	1.45	2.58	43.80
	8x8	1.41	2.59	45.56
	10x10	1.56	2.58	39.53
EL ZULIA	Inicial	1.10	2.58	57.33
	24 meses después de establecido el sistema			
	7x7	1.07	2.41	55.60
	8x8	1.37	2.54	46.06
	10x10	0.99	2.37	58.23
BARRANCA	Inicial	1.27	2.34	45.70
	24 meses después de establecido el sistema			
	7x7	1.18	2.32	49.13
	8x8	1.24	2.33	46.78
	10x10	1.26	2.34	46.15
SABANA DE TORRES	Inicial	1.33	2.39	44.35
	24 meses después de establecido el sistema			
	7x7	1.48	2.82	47.51
	8x8	1.48	2.43	39.09
	10x10	1.63	1.90	34.20
Rionegro	Inicial	0.98	2.47	60.21
	24 meses después de establecido el sistema			
	7x7	1.09	2.61	58.23
	8x8	1.15	2.44	52.86
	10x10	1.12	2.58	56.58

Cambio en las características químicas

Los cambios observados corresponden al mejoramiento en los contenidos de materia orgánica y fósforo, especialmente en Simacota, donde se incrementaron en el tratamiento 8x8 metros en 63.6% y 150% respectivamente, con relación al testigo. Así mismo, la relación calcio: magnesio, disminuyó en un 50%, pero la capacidad de intercambio de cationes continúa siendo baja, lo que indica el carácter desaturado del suelo.

En Cúcuta, el pH en los tratamientos 7x7 y 10x10 metros presentó una fuerte acidificación al pasar de 7.0 a 5.4 y 4.9 respectivamente; caso contrario sucedió en el tratamiento 8x8 metros, ya que ocurre una alcalinización al pasar de 7.0 a 7.6. Además, se incrementaron considerablemente los contenidos de materia orgánica y fósforo en todos los tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3. Características químicas de los suelos.

Tto	pH	MO	P	Al	Ca	Mg	K	Na	ClC	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	Mg/kg	%		C mol/Kg					Mg/kg					
SIMACOTA														
Inicial	4.9	2.2	6	0.8	4.2	0.1	0.12	0.2	6.3	287	0.9	3.1	1.5	0.24
24 meses después de establecido el sistema														
7x7	4.5	3.1	9	1.7	2.9	0.1	0.09	0.4	7.3	560	0.6	1.8	0.9	1.02
8x8	4.6	3.6	15	1.2	3.3	0.1	0.13	0.4	6.8	569	1.9	7.9	1.6	0.97
10x10	4.6	3.1	12	0.9	2.4	0.1	0.14	0.5	5.8	371	1.4	1.5	1.4	0.77
CUCUTA														
Inicial	7.0	2.1	42	0.0	12.1	1.4	0.27	0.1	13.8	186	6.6	26.8	4.4	0.28
24 meses después de establecido el sistema														
7x7	5.4	2.6	57	0.1	3.5	1.0	0.15	0.3	5.1	365	5.5	28	7.0	0.35
8x8	7.6	2.7	58	0.0	6.3	0.5	0.3	0.4	7.3	67	3.6	9.2	2.5	0.27
10x10	4.9	2.7	49	0.3	3.3	1.0	0.21	0.6	5.4	443	4.5	1.8	5.7	0.55
EL ZULIA														
Inicial	6.5	1.0	59	0.0	2.2	0.6	0.05	0.2	3.0	51	0.3	10.1	6.2	0.14
24 meses después de establecido el sistema														
7x7	6.9	2.4	50	0.0	3.1	1.2	0.09	0.5	4.9	160	0.2	1.1	2.1	0.32
8x8	6.8	2.6	54	0.0	3.6	1.1	0.09	0.5	5.3	98	0.2	1.5	2.2	0.22
10x10	7.0	3.0	29	0.0	3.9	1.0	0.13	0.5	5.6	78	0.3	1.9	4.6	0.70
BARRANCABERMEJA														
Inicial	4.8	2.4	ND	-	0.3	0.1	0.02	-	1.4	178	0.7	0.7	0.6	0.24
24 meses después de establecido el sistema														
7x7	4.7	2.6	ND	-	0.5	0.1	0.07	-	2.0	902	1.8	4.7	1.7	ND
8x8	5.0	2.3	ND	-	0.3	0.1	0.01	-	2.1	240	1.2	1.0	0.6	ND
10x10	5.2	2.6	ND	-	0.2	0.1	0.03	-	2.0	200	0.9	1.3	0.8	ND
RIONEGRO														
Inicial	4.4	5.0	7	3.6	1.0	0.7	0.15	0.3	6.8	590	2.4	19.5	4.0	0.05
24 meses después de establecido el sistema														
7x7	5.0	3.3	5.0	1.0	3.4	1.92	0.45	0.13	-	91.1	1.26	12.2	1.94	0.94
8x8	4.6	2.4	5.0	5.5	1.6	0.65	0.19	0.11	-	122	1.14	9.91	1.8	0.32
10x10	5.0	2.8	13	1.5	4.5	1.92	0.50	0.11	-	185	1.82	13.8	2.34	0.31

En El Zulia, los rangos de pH se incrementaron hasta la neutralidad, con valores que oscilaron entre 6.5 a 7.0; la materia orgánica se incrementó en todos los tratamientos, el contenido de fósforo permaneció estable y las bases intercambiables aumentaron en forma gradual, como en el caso del calcio (2.2-3.9 Cmol/Kg).

En Barrancabermeja, no se presentaron incrementos considerables en el contenido de materia orgánica, ya que de 2.4% inicial se pasó a un promedio entre tratamientos de 2.5%, sin detectarse aumentos en el contenido de fósforo, el cual no se encontró ni en el análisis inicial ni después de 24 meses de establecido el sistema. La CIC se incrementó en 40% aproximadamente.

En Rionegro, se observaron aumentos de pH al pasar de 4.4 a 5.0, lo que estuvo asociado con los incrementos de calcio, magnesio y potasio. En el tratamiento 8x8 metros, el pH continúa siendo extremadamente ácido con valores que llegan a 4.6, los cuales fueron ocasionados por los altos contenidos de aluminio intercambiable (5.5 Cmol/kg) que afectaron los niveles de materia orgánica y, por ende, la disponibilidad de fósforo.

Por último, el contenido de elementos menores en las seis localidades tendió a permanecer estable y sólo el Boro se presentó como deficiente, en Sabana de Torres y Barrancabermeja.



Protección de arbóreas con cerca eléctrica

Comportamiento de las arbóreas

En cuanto a la altura, la *Leucaena leucocephala*, presentó el mayor crecimiento promedio por mes en Cúcuta (25.0 cm), seguido por El Zulia y Rionegro, las cuales sólo tuvieron un crecimiento por mes de 15 y 14 centímetros, respectivamente, pero el crecimiento promedio del diámetro del tronco en la base fue muy similar en las tres localidades (0.3 cm).

El *Gliricidia sepium* en Simacota presentó un crecimiento promedio por mes, más lento (10.3 cm) y un rompimiento fácil de las ramas de la planta al ser ramoneadas por el animal. El crecimiento promedio de la base del tallo en esta arbórea fue de 0.29 centímetros.

En la *Acacia mangium* (Barrancabermeja) y en la arbórea *Pseudo samanea guachapelle* (Sabana de Torres), los crecimientos promedio por mes fueron inferiores a los de las otras arbóreas (6.3 y 5.8 cm) y el diámetro de la base fue de sólo 0.08 y 0.11 centímetros, lo que se atribuye a las inundaciones y altas precipitaciones en el último de los municipios, y a la entrada permanente de animales, en Barrancabermeja.



Identificación del diámetro de base del tallo

En matarratón (*Gliricidia sepium*), se presentaron ataques de esqueletizador (*Azeta versicolor*), que defoliaron más del 60% del cultivo, y si no se controla en forma oportuna se puede perder la totalidad de la plantación. Así mismo, su diámetro de copa disminuyó a través de los pastoreos, lo que la convierte en una especie más promisoriosa para suplementación que para pastoreo directo.



Efecto del ataque de *Azeta versicolor*



Medida del diámetro de copa en *Gliricidia sepium*

Producción de forraje en kilogramos de materia seca por hectárea

En clima cálido, las producciones de forraje seco por hectárea se incrementaron en forma ostensible en todas las localidades con relación a la situación inicial, debido lo más probable, al mejoramiento en las características químicas de los suelos y más concretamente al incremento en los contenidos de fósforo y disminución de la relación Ca:Mg.

De acuerdo con las producciones de materia seca reportadas en las Figuras 1 a la 6, la distancia de siembra de 10x10 metros, al terminar el proceso de investigación, permite obtener las mayores producciones de forraje, siendo más marcado este efecto en Simacota y Rionegro, donde los incrementos fueron de 65.1 y 30.1% respectivamente. Lo anterior se puede atribuir a una menor competencia por agua, luz y nutrientes; sin embargo, estas investigaciones deben realizarse a más largo plazo para definir exactamente el efecto de la distancia de siembra sobre la producción de forraje.



Marco para determinar cobertura en praderas.



Marco de 1.0 x 1.0 metro para determinar producción de materia seca



Embolsado muestra para análisis bromatológico en laboratorio

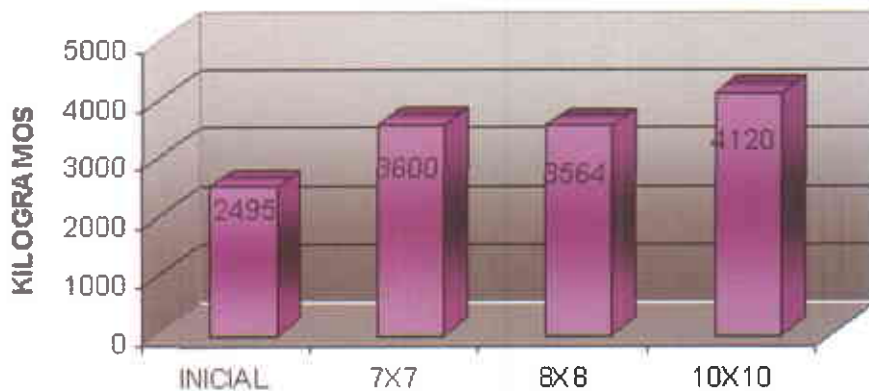


Figura 1. Producción de forraje (kg/Ms/ha) Simacota

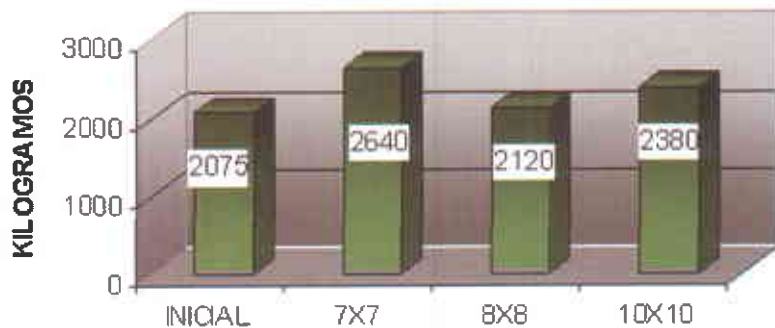


Figura 2. Producción de forraje (kg/Ms/ha) Cúcuta

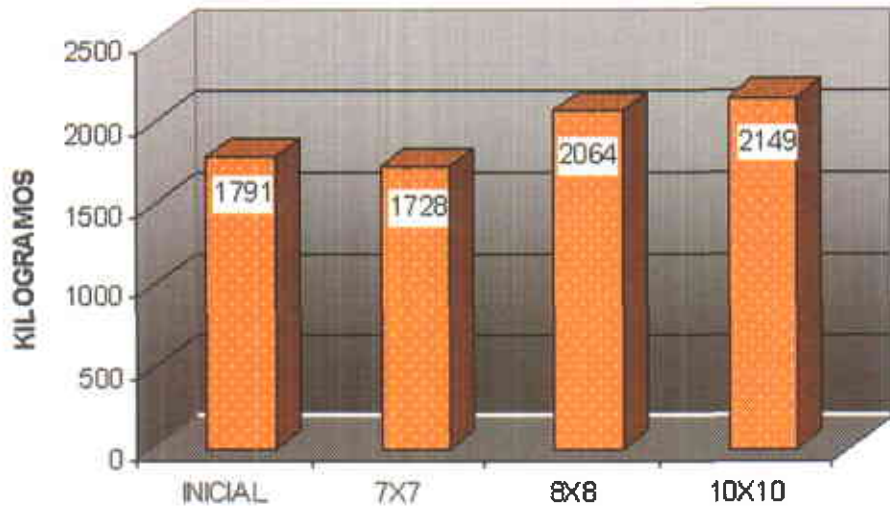


Figura 3. Producción de forraje (kg/Ms/ha) El Zulia

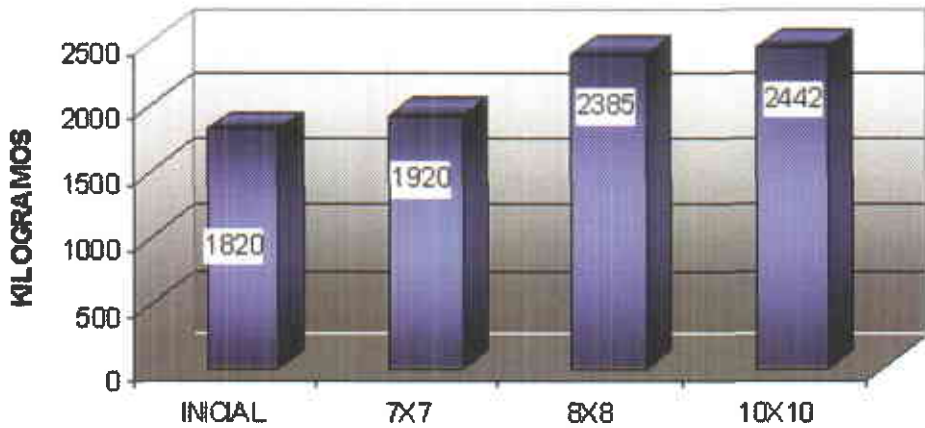


Figura 4. Producción de forraje (kg/Ms/ha) Barrancabermeja

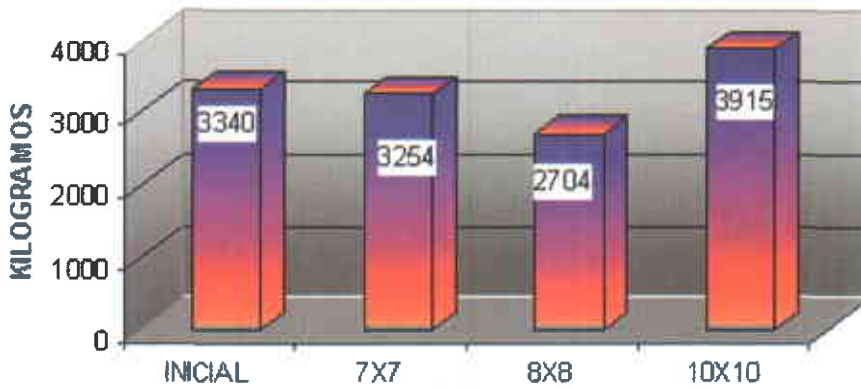


Figura 5. Producción de forraje (kg/Ms/ha) Sabana de Torres

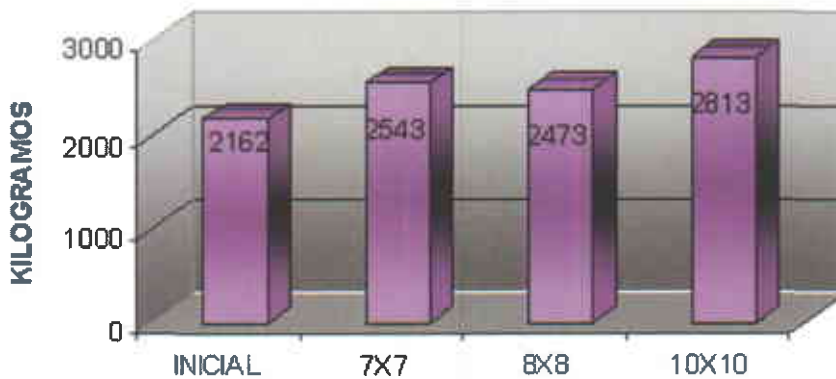


Figura 6. Producción de forraje (kg/Ms/ha) Rionegro

Composición botánica de la pradera

En Simacota, las distancias de siembra no produjeron ningún efecto sobre la composición de la pradera, ya que inicialmente el 98% de la misma estaba conformada por gramíneas del género *Hyparrhenia*, con 0.4% de leguminosas, principalmente *Desmodium sp* y 1.6% de malezas (*Cassia tora*) y dos años después de terminar el proceso de investigación se mantuvo la proporción de gramíneas, leguminosas y malezas en los diferentes tratamientos, sin presentarse diferencias significativas entre los mismos.



De los 2075 kg/MS/ha que produjo inicialmente la pradera en la localidad de Cúcuta, el 62% estaba conformado por una mezcla de *Paspalum sp*, *Dichanthium aristatum* y *Brachiaria sp*, el 25% por leguminosas, principalmente *Desmodium sp* y el 13% restante, por malezas ciperáceas.

Al terminar el último pastoreo la producción de materia seca por tratamiento presentaron, en promedio, 56% de gramíneas, 28% de leguminosas y 16% de malezas, y no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con relación a la situación inicial.

Un comportamiento similar para las gramíneas y leguminosas fue el observado en El Zulia, donde las primeras, mantuvieron una proporción durante toda la fase experimental del 58% y las segundas, alcanzaron en promedio 28%.

En Barrancabermeja y Sabana de Torres, principalmente en la última localidad se incrementaron las malezas en 15% en todos los tratamientos con relación a la situación inicial, debido a las inundaciones que presentó el lote y las fuertes precipitaciones ocurridas en la zona, lo que favoreció el crecimiento de plantas indeseables.

Comportamiento bromatológico de la pradera

Conocida la producción de forraje de la pradera y su composición botánica, se determinaron en el laboratorio los contenidos de proteína cruda, fibra en detergente ácido y digestibilidad de la materia seca. En el nivel local se calculó la energía digestible y metabolizable a través de fórmulas matemáticas.

Independiente de la distancia de siembra, el *Hyparrhenia rufa* establecido en Simacota (Figura 7), presentó un contenido inicial de 9.72% de proteína cruda, 37.50% de FDA, 49.10% de DVIVMS y 2.16 Mcal/kg de materia seca de energía digestible. Al terminar la fase de investigación, los contenidos promedio de FDA de la pradera se incrementaron a 46.17% y la DVIVMS disminuyó a 48.40%, lo que nos indica que la pradera tiene un alto contenido de ligno celulosa que afecta negativamente la digestibilidad y, por tanto, debe proporcionársele un período de recuperación menor de sesenta días. En este municipio los mayores

contenidos de proteína cruda (10.04%) se presentaron en el tratamiento 8x8 metros, el cual a su vez posee el menor nivel de FDA (43.70%) y la más alta digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia seca (51.83%).

En Cúcuta y El Zulia (Figuras 8 y 9), la asociación de *Paspalum sp.*, *Dichanthium aristatum* y *Cynodon nlemfuensis*, presentó un valor nutritivo alto dado su elevado contenido de proteína y energía, lo que sin lugar a dudas se atribuye a la composición botánica de la pradera, la cual tiene en promedio 26% de leguminosas. En Cúcuta los contenidos de proteína, FDA y DVIVMS fueron muy similares entre los tratamientos al finalizar el período de investigación.

En Barrancabermeja y Sabana de Torres (Figuras 10 y 11), las praderas se caracterizan por su bajos contenidos de proteína cruda, los cuales no llenan los requerimientos de los animales. Además, la baja digestibilidad de la materia seca, indica que los mismos poseen altos niveles de FDA.



Sistema silvopastoril *Hypparrhenia rufa* – *Gliricidia sepium*

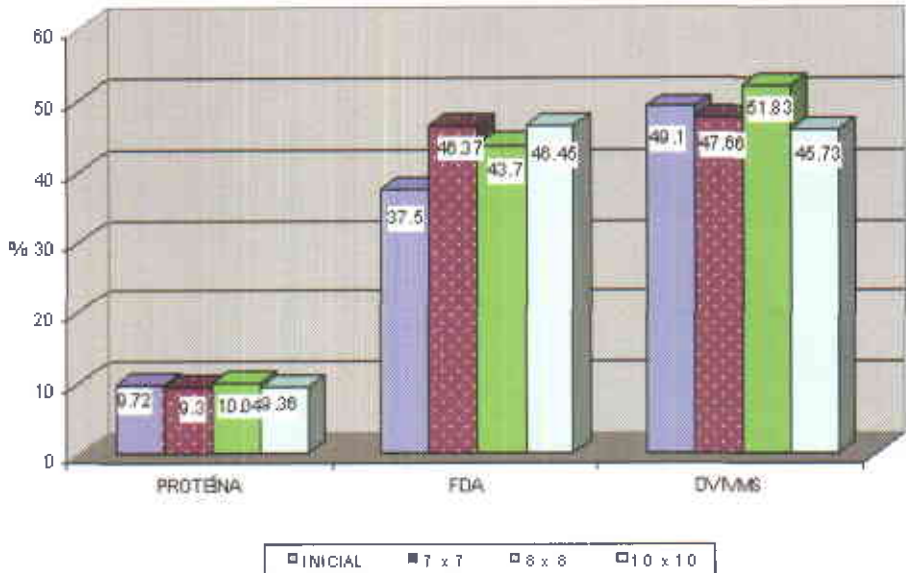


Figura 7. Análisis Bromatológico Simacota

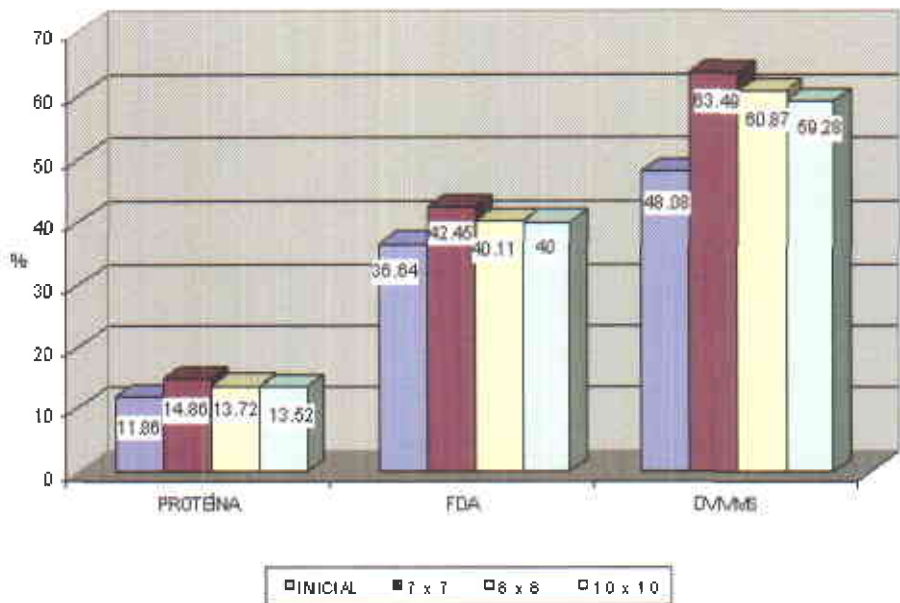


Figura 8. Análisis Bromatológico Cúcuta

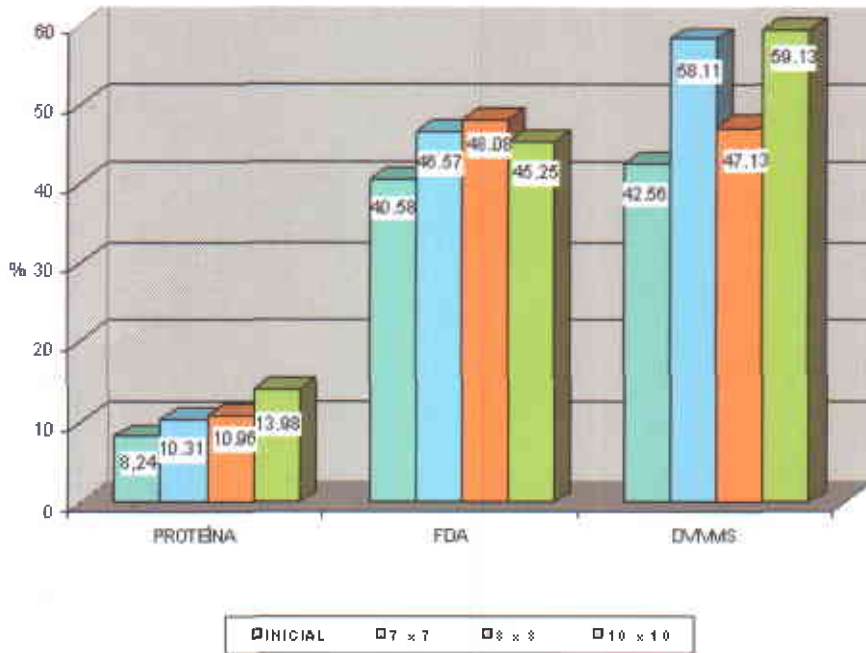


Figura 9. Análisis Bromatológico El Zulia

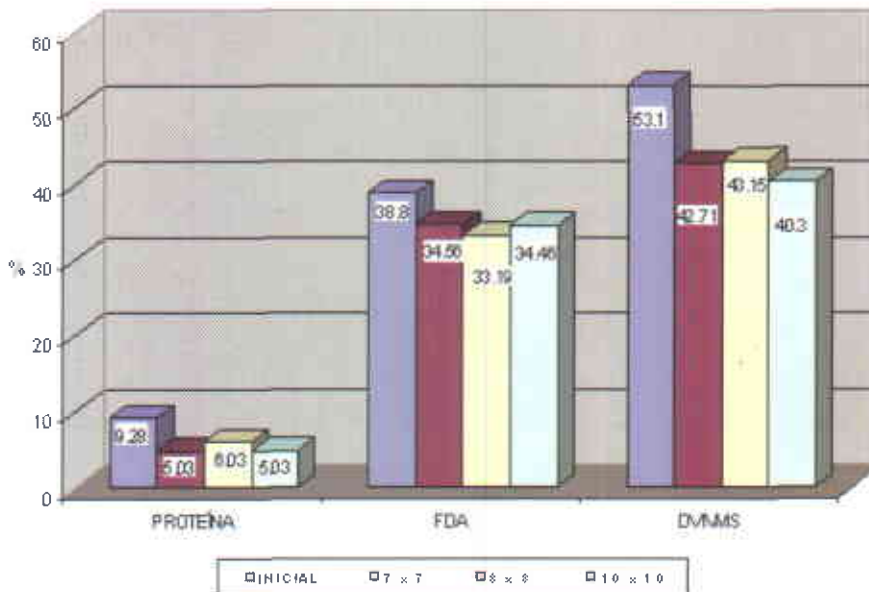


Figura 10. Análisis Bromatológico Barrancabermeja

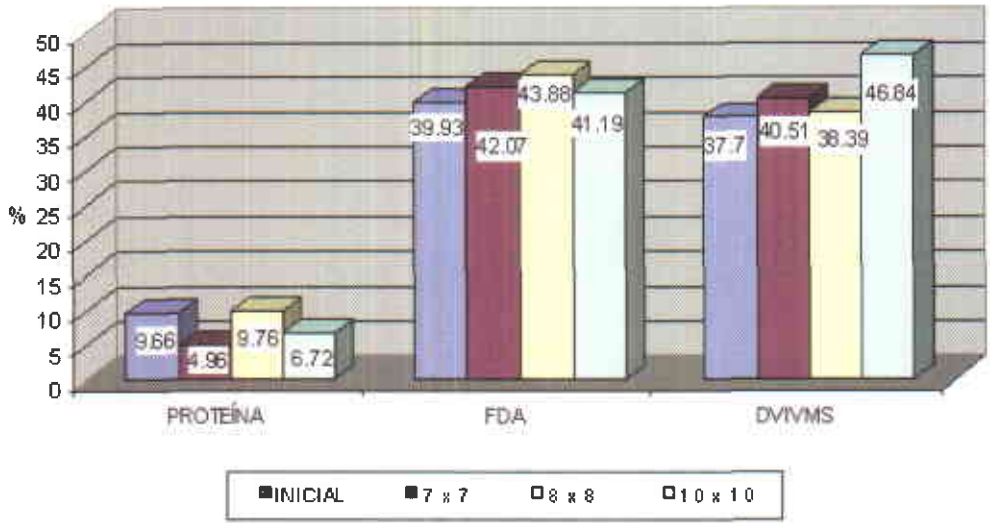


Figura 11. Análisis Bromatológico Sabana de Torres

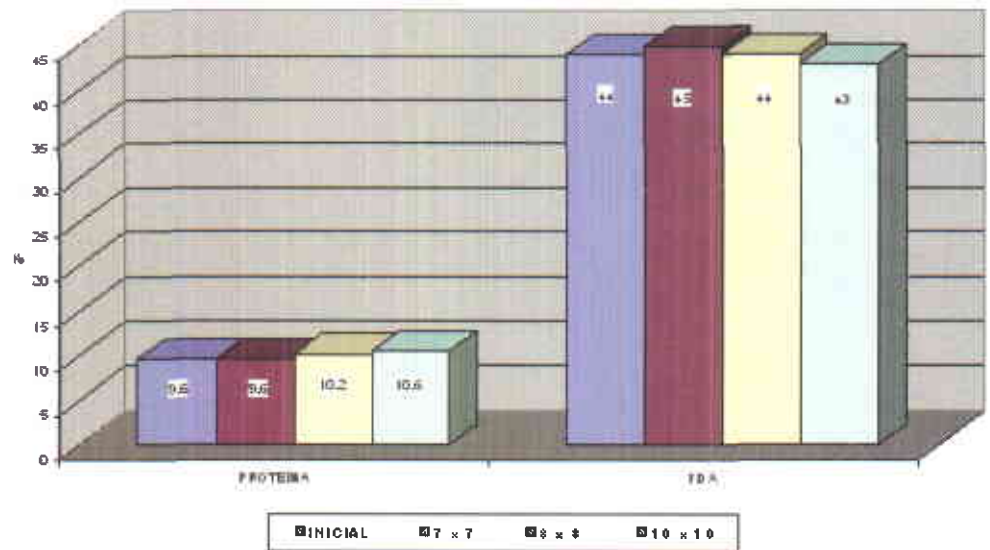


Figura 12. Análisis Bromatológico Rionegro

Distancias de siembra
Gliricidia sepium



Ganancia de peso

En Simacota y Rionegro, las mayores ganancias de peso (Figuras 13 y 14), se obtuvieron con el tratamiento 8x8 y 10x10 metros respectivamente, los cuales poseen el mayor contenido de proteína, menor FDA, mayor digestibilidad y energía metabolizable por kilogramo de materia seca.

En Cúcuta y El Zulia, las producciones de leche se incrementaron hasta en 2.7 litros/animal/día, independientemente de la distancia de siembra de la arbórea y, en Barrancabermeja y Sabana de Torres, los incrementos de peso calculados con base en la energía de la pradera, no fueron superiores a 317 gramos/animal/día. Estos datos se enuncian a continuación.

Ganancia de peso

$$\text{CMS}: 0.026 \text{ W}$$

$$\text{EM}_m : 8.3 + 0.091 \text{ W}$$

$$\text{EM}_p : \text{EM}_t - \text{EM}_m$$

$$\text{Eg} : \frac{\text{EM}_p \times 0.0435 \times \text{MS}}{1.05}$$

$$\text{Gpv} : \frac{\text{Eg}}{6.28 + 0.3 \text{ Eg} + 0.0188 \text{ W}}$$

CMS: Consumo materia seca.

EM_t: Energía metabolizable total.

EM_m: Energía metabolizable de mantenimiento.

EM_p: Energía metabolizable producción.

Eg: Energía ganancia.

Gpv: Ganancia de peso vivo.

W: Peso del animal.

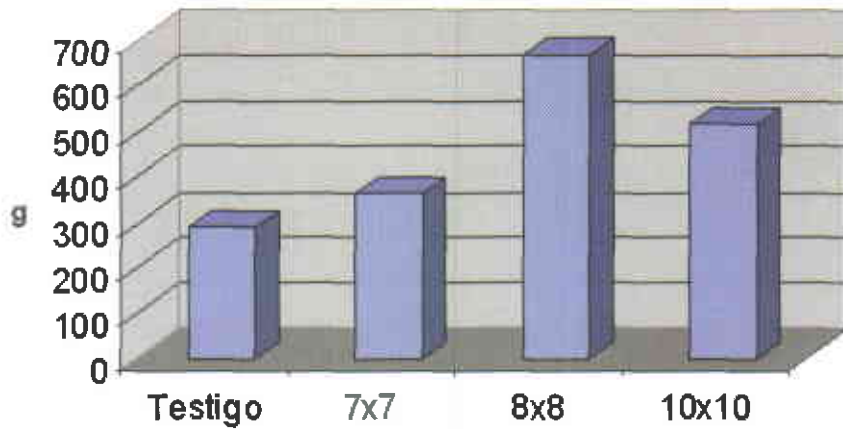


Figura 13. Ganancia de Peso Simacota

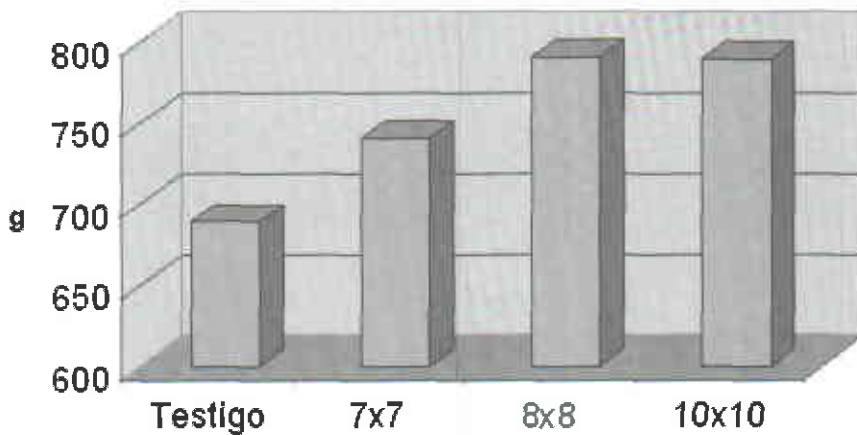


Figura 14. Ganancia de Peso Rionegro

Costos de establecimiento

Para la elaboración de la matriz de costos, se tuvieron en cuenta los directos (plántulas, preparación suelo, correctivos, fertilizantes, insecticidas, maderos, alambre, aisladores y mano de obra) los indirectos (intereses, administración e imprevistos), siendo más económico establecer la *Leucaena leucocephala* en El Zulia (\$3812.00), ya que no requiere de la aplicación de insecticidas y los árboles no se protegieron de los animales con cerca. Los mayores costos son para el *Gliricidia sepium*, por la protección que se les brindó a las plántulas (Tabla 4).

Al llevar los costos a una hectárea, se encuentra que en el caso de la *Leucaena leucocephala* éstos son de \$777.648.00, \$594.672.00 y \$381.200.00 para los tratamientos 7x7, 8x8 y 10x10 metros respectivamente, y en el *Gliricidia sepium* los mismos, son de \$1.278.264.00, \$977.496.00 y \$626.600.00.

Si bien es cierto que los costos de establecimiento son altos, éstos se ven compensados con los incrementos en la producción de leche y ganancias de peso por animal día, con relación a los animales testigo o que pastorean una pradera en monocultivo.

Tabla 4. Costos de establecimiento de las arbóreas de clima cálido

Concepto	Unidad	Simacota Gliricidia sepium \$	El Zulia Leucaena leucocephala \$	Sabana de Torres Pseudo samanea \$
Costos directos				
Plántula	Unidad	300	500	400
Preparación del suelo		120	600	65
Correctivos	Kg	118		
Fertilizantes	Kg	204	525	102
Herbicidas	Lts		65	
Insecticidas	Kg	51		61
Maderos	Unidad	1000		
Alambre 16	Kg	992		2400
Aisladores	Unidad	224		
Alpicación insecticidas	Jornal	7		9
Aplicación fertilizante y/o	Jornal	1500	50	
Plateo	Jornal	332	589	
Riego	Jornal		620	
TOTAL COSTOS DIRECTOS		4848	2949	3037
Costos Indirectos				
Intereses 28.5% efectivo anual por 6 meses		691	420	433
Administración 5% de costos directos		242	148	152
Imprevistos 10% de costos directos		485	295	304
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		1418	863	889
TOTAL COSTOS		6266	3812	3926

CONCLUSIONES

El establecimiento de un sistema silvopastoril ganado/árboles, no es fácil, por el largo período de tiempo requerido para pastorear los potreros establecidos, sin comprometer la sobrevivencia de los árboles.

Las propiedades físicas de los suelos en su estado inicial y dos años después, se consideran apropiadas para un sistema de producción agropecuaria.

Los principales cambios en las propiedades químicas del suelo tienen relación con el mejoramiento de la materia orgánica, fósforo y relación calcio:magnesio.

El *Gliricidia sepium* tiende a disminuir su diámetro de copa con el pastoreo y el rebrote es más lento que el de la pradera.

La *Leucaena leucocephala* tiene un crecimiento similar al reportado en otras áreas del país y su tallo se caracteriza por la flexibilidad.

La composición botánica de las praderas no se ve afectada por la distancia de siembra de las arbóreas.

En clima cálido la asociación gramínea *Leucaena leucocephala*, permite incrementos en la producción de leche de 2.7 litros/animal/día y cuando es con *Gliricidia sepium*, los aumentos de peso son superiores al testigo en un 77%.

Las pasturas de clima cálido se caracterizan por su alto contenido de ligno celulosa, baja digestibilidad y niveles aceptables de energía digestible.

Una forma de establecer un sistema Silvopastoril con mayor eficiencia tanto técnica como económica, es a través de un sistema agrosilvopastoril, estableciendo la pradera cuando el árbol alcanza completamente su desarrollo.

Los sistemas Silvopastoriles incrementan los ingresos de los productores por venta de fruta, mayores ganancias de peso y producciones de leche por animal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABRIL, C.; SANDOVAL, J. 1999. Recuperación y conservación de praderas de clima frío mediante fertilización orgánica y biológica en Málaga, Santander. Tesis Facultad de Ciencias Agropecuarias, programa de Zootecnia. Universidad Industrial de Santander. Málaga. 82p.

ANGULO, J.; RODRÍGUEZ, I.; MAHECHA, L. 2003. Aceptabilidad del follaje de *Acacia mangium* por novillas y vacas adultas cebú. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 16: Suplememto. Medellín. 27p.

ARC. 1978. En: Aportes energéticos y sistemas de alimentación de los rumiantes. Editorial Acribia, Zaragoza (España). 129p.

ARCOS, J. 2003. Conferencia sobre sistemas silvopastoriles. Bogotá, D.C.

BOTERO, R.; RUSSO, R. 1999. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. En: Agroferestería para la producción animal en América Latina. FAO. Roma. 171-192p.

CARDONA, M.C.; SUÁREZ, S. 1996. Utilización de *Leucaena* en bancos de proteína y en asocio con gramíneas. En: Silvopastoreo: Alternativa para mejorar la sostenibilidad y competitividad de la ganadería Colombiana. Corpoica, Bogotá, D.C. 91-108p.

DUCHAUFOR. 1965. Fertilidad de Suelos. En: Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Fenalce. Bogotá, D.C. 22p.

FERNÁNDEZ, J.; ZAPATA, A.; GIRALDO, L. (sf). Uso de la *Acacia decurrens* como suplemento alimenticio para vacas lecheras, en clima frío de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional. Medellín. 8p.

- GIL, I. 2000.** Uso ganadero de *Prosopis*. Escuela IPEM. Número 104.
- GIRALDO, L. 1995.** Casos exitosos y su potencial en Colombia. Conferencia presentada en el Seminario Internacional en Sistemas Silvopastoriles. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, D.C.
- GIRALDO, L.; BOLIVAR, D. (sf).** Evaluación de un sistema silvopastoril de *Acacia decurrens* asociada con pasto *Pennisetum clandestinum*, en clima frío de Colombia. Medellín. 7p.
- GÓMEZ, M.E. 1997.** Matarratón (*Gliricidia sepium*) En: Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. CIPAV. Cali. 14-66p.
- GUTIERREZ, M. 1995.** Agriculturas para la vida, Cali. 62p.
- HERNÁNDEZ, L. J. 2003.** Utilización de *Trichantera gigantea* como suplemento en bovinos de doble propósito. SEPAS. San Gil. 13p.
- LAREDO, M.; CUESTA, A. 1988.** Tabla de contenido nutricional en pastos y forrajes de Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Bogotá, D.C.
- LAREDO, M. 1993.** Tablas de contenido nutricional. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Bogotá, D.C.
- MAHECHA, L. 2002.** El Silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 15:2. Medellín. 226-231p.
- MAHECHA, L. 2003.** Importancia de los sistemas Silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería Colombiana. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 16:1. Medellín. 11-17p.
- MATEUS, H. 1998.** Plan de Modernización tecnológica de la ganadería bovina colombiana. Informe de actividades Corpoica, Bucaramanga. 24p.
- MONTAGNINI, F. 1992.** Sistemas Agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para estudios tropicales. San José. 662p.



MORENO, V.; LATORRE, S. 1999. Evaluación del sistema silvopastoril guayaba grama natural en la hoya del río Suárez. Boletín Corpoica. Bucaramanga, 37p.

RAMÍREZ, H. 1998. Evaluación agronómica de dos sistemas Silvopastoriles integrados por pasto estrella, *Leucaena* y Algarrobo forrajero. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional. Bogotá, D.C.

RAMÍREZ, R. 1997. Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Fenalce. Bogotá, D.C. 22p.

RIVAS, L. 1995. Desarrollo de los sistemas de producción bovina en Colombia. *En:* Memorias Seminario Internacional sobre estrategias de mejoramiento genético en la producción bovina tropical. Medellín. 1-16p.

RODRÍGUEZ, I.; LONDOÑO, J.; CAMPOS, P.; MAHECHA, L. 2003. Evaluación de la ganancia de peso y condición corporal de vacas cebú gestantes, en sistemas silvopastoriles de *Acacia mangium* y *Brachiaria humidicola*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 16: Suplemento. Medellín. 27p.

SADEGHIAN, S.; RIVERA, J.; GÓMEZ, M.E. 1999. Impacto de la ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. *En:* Agroforestería para la producción animal en América Latina. FAO. Roma. 123-142p.

URIBE, A. F.; 1996. Silvopastoreo: Alternativa para mejorar la sostenibilidad y competitividad de la ganadería colombiana. Corpoica. Bogotá, D.C. 294 p.

WOOD, P. J.; BURLEY, J. 1995. Un árbol para todo propósito: Introducción y evaluación de árboles de uso múltiple para Agroforestería. IICRAF – IICA, San José, Costa Rica. No. 27, 180 p.

YUNG, A. 1989. Agroforestry for soil conservation. ICRAF.