

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Evaluation of agroforestry arrangements in cattle exploitations of the micro region “Bajo Magdalena”

Belisario Roncallo Fandiño¹, Justo Barros Henríquez², Ruth Bonilla B.³, José Murillo⁴, Ramiro Del Toro⁵

ABSTRACT

The integrated arrangements of production are proposed as a viable option of production from the environmental, technological, social and economical points of view in order to face the degradation of the natural resources, the loss of the productive capacity of soils and the low incomes of the producers. Arrangements were evaluated with agricultural species (beans and corn), forage grasses (*Botriochloa pertusa* and *Panicum maximum*) and leguminous plants (*Leucaena* sp.), and dual purpose cattle under the following treatments: monoculture of *B. pertusa*; *Leucaena* sp. associated with *B. pertusa*; *Leucaena* sp. associated with *P. maximum* cv. Tanzania. The chemical, physical and biological characteristics were determined in their order using laboratory and field methodologies. In the study with *Phaseolus vulgaris*, a design of divided plots was used in the first semester, and in the second one, a randomized blocks design with four treatments and three repetitions per treatment. In the study with *Zea mays* two evaluations were realized using a randomized blocks design with five treatments and three repetitions per treatment. The milk production was evaluated by an over-change design. A conservationist effect of the soils was shown in the agroforestry arrangements; it was obtained an effect of the variety ($p < 0.05$) of the typical shrubby beans over the yield. There is an influence of the cultures over the increase of height of *Leucaena* sp. It was shown a significant increase ($p < 0.05$) in the production and composition of the milk. The integrated arrangements showed higher production in dry matter.

Keywords: Legume, grasses, edaphic fauna, dry matter, milk quality.

Radicado: 30 de marzo de 2009
Aprobado: 23 de abril de 2009

¹ MV. M.Sc. Investigador principal. E.E. Motilonia, Corpoica, Codazzi, Cesar. broncallo@corpoica.org.co

² I.A. M.Sc. E.E. Motilonia, Corpoica, Codazzi, Cesar. jualbae@hotmail.co

³ Bióloga Ph.D. Investigadora principal. Laboratorio de Microbiología de Suelos, CBB, C.I. Tibaitata, Corpoica, Mosquera, Cundinamarca. rbonilla@corpoica.org.co

⁴ I.A. Especialista en Riego y Drenaje. E.E. Motilonia, Corpoica, Codazzi, Cesar. josemurillosolano@hotmail.com

⁵ MV.Z. M.Sc. Investigador. Plato, Magdalena. ramirodeltororamos@yahoo.es

Evaluación de arreglos agrosilvopastoriles en explotaciones ganaderas de la microrregión Bajo Magdalena

RESUMEN

Los arreglos integrados de producción se proponen como una opción viable de producción desde la óptica ambiental, tecnológica y socioeconómica para encarar el deterioro de los recursos naturales, la pérdida de la capacidad productiva de los suelos y los bajos ingresos de los productores. Se evaluaron arreglos con especies agrícolas (fríjol y maíz), gramíneas forrajeras (*Botriochloa pertusa* y *Panicum maximum*) y leguminosas (*Leucaena* sp.), y ganadería de doble propósito bajo los siguientes tratamientos: monocultivo de *B. pertusa*; *Leucaena* sp., asociada con *B. pertusa*; *Leucaena* sp., asociada con *P. maximum* cv. Tanzania. Las características químicas, físicas y biológicas se determinaron en su orden por métodos de laboratorio y de campo. En la evaluación con *Phaseolus vulgaris* se utilizó en el primer semestre un diseño de parcelas divididas y en el segundo un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. En el estudio con *Zea mays* se realizaron dos evaluaciones utilizando un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. La producción de leche se evaluó según un diseño de sobrecambio. Se evidenció un efecto conservacionista de los suelos en los arreglos agrosilvopastoriles; se obtuvo un efecto de la variedad ($p < 0,05$) del fríjol tipo arbustivo sobre el rendimiento. Existe una influencia de los cultivos sobre el incremento en altura de *Leucaena* sp. Se presentó un mejoramiento significativo ($p < 0,05$) en la producción y composición láctea. Los arreglos integrados presentaron mayor producción de materia seca.

Palabras clave: leguminosas, gramíneas, fauna edáfica, materia seca, calidad de leche.

INTRODUCCIÓN

EN LA MICRORREGIÓN BAJO MAGDALENA el mal manejo de los suelos por parte de los productores ha causado un impacto negativo sobre los recursos naturales, especialmente el suelo, el agua y la biodiversidad; debido a lo anterior se ha reducido gradualmente la respuesta productiva de los diversos sistemas ganaderos, en especial en áreas establecidas tradicionalmente en monocultivos de gramíneas, modelo tecnológico implementado en la

región durante varias décadas. Como alternativa se han planteado esquemas productivos que involucran asociaciones, policultivos e integración de sistemas de producción (Restrepo *et al.*, 2007; Acosta y Rebuffo, 2008)

Los arreglos integrados son enfoques conceptuales dirigidos fundamentalmente hacia el mejor uso de los suelos y permiten la obtención diversificada de productos y servicios que procuran garantizar la sostenibilidad, en contraste con el enfoque tradicional que concibe los componentes (árboles, cultivos y pastos-animales) de manera independiente. La amplia diversidad de especies agrícolas, arbóreas y pasturas genera un panorama muy amplio para explorar, siendo innumerables las posibilidades de diseñar arreglos.

En el establecimiento integrado de árboles, pasturas y ganadería se resaltan diversas preocupaciones de los productores, siendo las más frecuentes entre otras: el lucro cesante de la tierra ocasionado por el relativo bajo índice de crecimiento de las arbóreas; la ubicación óptima espacial y temporal de las especies que intervienen y la elección de las especies. En lo referente al lucro cesante del suelo, se han planteado diversas opciones para reducir el tiempo sin generación de ingreso, destacándose los siguientes: trasplante de plántulas con mayor altura, protección con alambre de púas o electrificado, uso de cosechadoras de forraje, siembra de especies arbóreas no palatables, establecimiento de cultivos, uso de biofertilizantes para promover el crecimiento, o diferentes combinaciones de éstas. Sin embargo, muchas alternativas propuestas no han sido suficientemente estudiadas.

El objetivo del presente trabajo fue adelantar procesos investigativos para obtener informaciones que permitan contribuir con la orientación adecuada sobre el establecimiento de arreglos agrosilvopastoriles ajustados a las realidades biológicas, tecnológicas, sociales y económicas de la microrregión Bajo Magdalena; la inclusión del componente agrícola tuvo como finalidad estimar los rendimientos agrícolas mientras la arbórea obtenía el crecimiento adecuado para la introducción de animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente estudio se realizó en la finca Melo, localizada en el municipio de Tenerife, Magdalena, Colombia. La región posee precipitación media anual de 1.100 mm, con distribución bimodal, promedio anual de 29°C de temperatura y 70% de humedad relativa.

En el experimento se evaluaron los siguientes tratamientos: 1) testigo: monocultivo de kikuyina (*Botriochloa pertusa*);

2) acacia forrajera (*Leucaena* sp.) asociada con kikuyina (*Botriochloa pertusa*); 3) acacia forrajera (*Leucaena* sp.) asociada con guinea (*Panicum maximum* cv. Tanzania). Se utilizó un área de 18 hectáreas, dividida en 6 potreros de 3 ha cada uno, y se asignaron 6 hectáreas para cada tratamiento. La acacia forrajera fue establecida a una distancia de 3 x 4 metros.

Evaluaciones realizadas

Características físicas, químicas y biológicas de los suelos

Se determinaron las características físicas de textura, densidad aparente, porosidad e infiltración, en tres niveles de profundidad (0 - 30, 30 - 40 y 40 - 60 cm), por medio de los métodos de laboratorio y de campo. Se realizaron evaluaciones en la fase inicial, la intermedia y la final del experimento. Para el análisis se tomaron tres muestras por tratamiento en cada nivel de profundidad. Los rangos de los horizontes se determinaron con base en un análisis visual del perfil del suelo, realizado en tres calicatas, previo a la toma de las muestras.

Para las propiedades químicas se utilizaron los métodos descritos en el manual No. 47 del programa de suelos del ICA (1989). Los recuentos poblacionales de bacterias, actinomicetos y hongos se determinaron por el método de las diluciones seriadas según Novo (1983), para lo cual se utilizaron tres medios de cultivo diferentes: rosa de bengala para el recuento de hongos; topping para el recuento de bacterias, y almidón amoniacal para el de actinomicetos. La población microbiana se evaluó al final del experimento; debido a la topografía semiondulada del terreno y para efectos del estudio, el área se subdividió en tres niveles descritos como zonas alta, media y baja. La macrofauna se analizó aplicando la metodología del programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (Lavelle, 1994; Anderson e Ingram, 1989).

Producción de materia seca y valor nutricional

La cantidad de materia seca producida se determinó con el método de Haydicok y Schow (1975) antes de la entrada de los animales al potrero y a la salida de los mismos. La composición química de la materia seca del forraje se analizó según diferentes métodos, a saber: el contenido de proteína cruda con el método de Kjeldahl (AOAC, 1995); la fibra en detergente ácido (FDA) con el de Van Soest y colaboradores (1991); la lignina, con el de Van Soest y Wine (1968); y la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) con el método de Tilley y Terry (1963).

Rendimiento de los cultivos

La evaluación con los cultivos se realizó en la fase de establecimiento con el fin de determinar la posibilidad de hacer un mejor uso del suelo y generar ingresos en el corto plazo. Simultánea a la siembra de acacia forrajera se sem-

braron cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y maíz (*Zea mays*) en los espacios entre surcos. Se tomó información para estimar la influencia del cultivo sobre el crecimiento de acacia forrajera, para lo cual se realizaron dos experimentos en cada semestre con ambas especies.

Con frijol se realizaron dos evaluaciones. En la primera se incluyeron las variedades caupica M-11, ICA provinciano, ICA calamari y las líneas LCPM 34 y LCPM 40, en dos densidades de siembra: 60 x 30 cm y 80 x 30 cm; se utilizó un diseño de parcelas divididas, en las cuales las parcelas principales correspondían a las variedades y las líneas; y las subparcelas, a las densidades de siembra. En la segunda evaluación, realizada en el segundo semestre del año, se emplearon las variedades selección Palmira, ICA calamari e ICA provinciano en una distancia de siembra de 60 x 30 cm; se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, siendo los tratamientos los siguientes: T1 testigo, consistente en la ausencia de cultivo; T2, variedad selección Palmira; T3, variedad ICA calamari y T4, variedad ICA provinciano.

Con maíz también se realizaron dos evaluaciones, una por semestre. Se incluyeron las variedades ICA V-156, ICA V-109, criollo blanco y puya amarillo sembradas a una distancia de 1,0 x 0,50 m. Se aplicó un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, siendo los tratamientos los siguientes: T1 testigo, con ausencia de cultivo; T2, variedad ICA V- 156; T3, variedad ICA V- 109; T4, variedad criollo blanco y T5, variedad puya amarillo.

Producción y composición de la leche

Se utilizaron vacas de doble propósito en fase inicial de lactancia, de dos y tres partos y con cruce racial pardo suizo x cebú. Como grupo experimental se seleccionaron ocho vacas, las cuales conformaron la carga fija y con ellas se estimó la producción de leche (tres veces por

semana) y la composición de la leche (sólidos totales, grasa y sólidos no grasos). Estas variables se evaluaron durante dos etapas consecutivas, empleando un diseño de sobrecambio (*change-over*).

La capacidad de carga se determinó teniendo en cuenta la oferta de forraje en los aforos realizados, utilizando los animales que conforman la "carga fija" y otras vacas lactantes, las cuales se incluían o excluían en los potreros según la disponibilidad de materia seca. Se establecieron seis potreros de 3 ha cada uno, en los cuales se pastoreó según un sistema rotacional con 7 días de ocupación y 35 de descanso. En cada potrero se tomó la información de producción y composición láctea los tres últimos días de ocupación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características químicas, físicas y biológicas de los suelos

Características químicas

Los suelos de la finca Melo se clasifican como ligeramente ácidos y poseen bajos contenidos de materia orgánica. Para el cultivo de gramíneas presentan niveles medios de fósforo y potasio; el magnesio, calcio y sodio se encuentran disponibles en términos altos. Las características químicas al final del experimento en general permanecieron invariables, no revelando cambios sustanciales debido al efecto de los tratamientos (tabla 1).

Características físicas

Las propiedades físicas iniciales del suelo presentaron en todos los horizontes textura franco arcillo-arenosa, con promedios de densidad aparente de 1,60 g/cm³, porosidad de 38,0% e infiltración básica de 20,6 mm/h (tabla 2). Estos valores indican un estado físico de compactación no crítico para la producción de pasturas, y de acuerdo con este diagnóstico se recomendó la labranza mínima para la

Tabla 1. Análisis de las características químicas del suelo de la finca Melo, ubicada en el municipio de Tenerife, Magdalena, Colombia

Evaluación	pH	Materia orgánica (%)	Fósforo (ppm)	meq/100 g de suelo			
				Ca	Mg	K	Na
Inicial	5,9	0,8	21,5	6,9	5,3	0,3	1,2
Final	5,8	0,9	20,5	6,8	5,3	0,2	1,3

Tabla 2. Características físicas iniciales del suelo encontradas en la finca Melo, ubicada en el municipio de Tenerife, Magdalena, Colombia

Profundidad (cm)	Textura (%)			Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad (%)	Infiltración (mm/h)
	A	L	Ar			
0-30	61	10	29	1,56	40	20,6
30-40	59	15	26	1,66	36	20,6
40-60	67	6	27	1,60	38	-

Tabla 3. Características físicas del suelo un año después de establecidos los tratamientos en la finca Melo, municipio de Tenerife, Magdalena, Colombia

Tratamientos	Profundidad del suelo (cm)					
	Densidad aparente (g/cm ³)			Porosidad (%)		
	0-30	30-40	40-60	0-30	30-40	40-60
Propiedad inicial	1,56	1,66	1,60	40	36	38
Acacia + guinea	1,51	1,61	1,56	42	36	40
Acacia+ kikuyina	1,53	1,63	1,58	41	37	39
Kikuyina	1,54	1,63	1,60	41	37	39

preparación del suelo (Murillo, 2002). Sin embargo, por razones de textura del suelo con alto porcentaje de arena (59% a 67%), la topografía semiondulada del terreno y la buena infiltración, se optó por no implementar labranza.

En la fase intermedia del experimento, un año después de establecidos los tratamientos, cuando los potreros aún no se habían pastoreado, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$) en las variables estudiadas (tabla 3). Sin embargo, se observó una tendencia de mejoramiento en las características físicas del suelo, expresada en menores valores de la densidad aparente y mayor porosidad en los diferentes horizontes evaluados, principalmente en el tratamiento *Leucaena* sp., asociada con *Panicum maximum* cv. Tanzania y en menor grado en la *Leucaena* sp., asociada con *Botriochloa pertusa*; en el testigo las propiedades permanecieron estables. Este efecto puede atribuirse a la mayor densidad de las raíces de la gramínea *P. maximum* cv. Tanzania y a la penetración radical de la *Leucaena* sp., lo cual posiblemente ocasionó la expansión de los espacios porosos del suelo. Por estas mismas razones los valores de porosidad estuvieron en concordancia con los registrados en la densidad aparente, donde tampoco se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), observándose la misma tendencia de mejoramiento en ambas propiedades.

En la fase final del experimento, un año después de ser sometidos los potreros a pastoreo, se encontraron diferen-

cias significativas ($p < 0,05$) en el primer nivel de profundidad (perfil de 0-30) en las variables densidad aparente y porosidad, las cuales aumentaron y disminuyeron, respectivamente, comparados con los potreros en la etapa sin carga. Lo anterior indica que el pisoteo de animales compacta los suelos con mayor intensidad en el perfil de 0-30. En este perfil, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el tratamiento kikuyina (*B. pertusa*) de la etapa sin pastoreo, en relación con el mismo tratamiento en la etapa con carga animal. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas ($p > 0,05$) en los tratamientos de *Leucaena* sp., asociada con *P. maximum* y en *Leucaena* sp., asociada con *B. pertusa*. La menor compactación en los tratamientos que involucra a *Leucaena* sp., se puede atribuir a la mayor densidad de sus raíces y a la cobertura que proporciona al suelo, lo cual amortigua el impacto del pisoteo de los animales. Similares resultados fueron obtenidos por Pinzón y Amézquita (1991) en estudios realizados con *Brachiaria decumbens* y guaduilla (*Homolepis aturensis*) (tabla 4).

Características biológicas

Microorganismos

En todos los tratamientos, los resultados presentaron mayor recuento microbiano en las zonas bajas en relación con las medias y altas. En general, las zonas medias registraron mayores cantidades de microorganismos en relación con las altas; mayor presencia bacteriana se observó

Tabla 4. Características físicas finales del suelo de la finca Melo, ubicada en el municipio de Tenerife, Magdalena, Colombia

Tratamientos	Profundidad del suelo (cm)					
	Densidad aparente (g/cm ³)			Porosidad (%)		
	0-30	30-40	40-60	0-30	30-40	40-60
Acacia + guinea sin carga	1,51 c	1,61 a	1,56 a	42 c	38 a	40 a
Acacia + kikuyina sin carga	1,53 bc	1,63 a	1,58 a	41 bc	37 a	39 a
Kikuyina sin carga	1,54 c	1,63 a	1,60 a	41 c	37 a	38 a
Acacia + guinea con carga	1,67abc	1,67 a	1,62 a	36 abc	36 a	38 a
Acacia + kikuyina con carga	1,70 ab	1,66 a	1,65 a	35 ab	36 a	37 a
Kikuyina con carga	1,73 a	1,70 a	1,62 a	33 a	35 a	a

* Promedio en la misma columna con letras similares no difiere estadísticamente, según test de Tukey ($p < 0,05$).

Tabla 5. Población de bacterias, actinomicetos y hongos, y porcentaje de humedad de suelos de zonas alta, media y baja cultivados en arreglos agrosilvopastoriles (Tenerife, Magdalena)

Arreglos	Identificación	Humedad (%)	UFC/g suelo		
			Bacterias x10 ⁶	Actinomicetos x10 ⁶	Hongos x10 ²
<i>Leucaena</i> sp. + <i>P. maximum</i>	Alta	3,6	0,37	2,84	3,21
	Media	2,3	0,63	3,50	3,07
	Baja	5,4	10,80	5,44	3,27
<i>Leucaena</i> sp. + <i>B. pertusa</i>	Alta	1,3	0,18	3,40	3,30
	Media	1,7	0,47	3,05	3,56
	Baja	1,9	4,91	3,54	3,64
<i>B. pertusa</i>	Alta	2,4	3,79	4,20	4,20
	Media	3,4	0,32	5,43	3,31
	Baja	3,5	5,49	5,80	3,27

en las zonas bajas de los tratamientos *Leucaena* sp., asociada con *P. maximum* cv. Tanzania ($1,08 \times 10^7$), respecto a *Leucaena* sp. asociada con *B. pertusa* ($4,91 \times 10^6$) y al monocultivo de *B. pertusa* ($5,49 \times 10^6$). La misma tendencia se observó cuando se determinó la densidad poblacional de los actinomicetos (tabla 5). Este comportamiento se puede explicar por el mayor contenido de humedad presente en suelos de las zonas bajas. En términos cuantitativos la relación entre bacterias y actinomicetos se mantuvo estable, y mostró un amplio predominio sobre los hongos.

Macrofauna

El corto seguimiento realizado a la macrofauna del suelo no permitió analizar los efectos de los tratamientos sobre la misma. Las situaciones encontradas son más atribuibles a los aspectos topográficos y de profundidad del suelo.

La mayor distribución poblacional de la macrofauna se encuentra localizada en las zonas bajas, siendo de 96,6%, 83,3% y 83,5% en los tratamientos *Leucaena* sp. asociada con *P. maximum* cv. Tanzania, *Leucaena* sp., asociada con *B. pertusa* y monocultivo de *B. pertusa*, respectivamente; este efecto puede atribuirse al mayor contenido de humedad (tabla 6).

Tabla 6. Distribución porcentual de la macrofauna según nivel topográfico en la finca Melo, ubicada en el municipio de Tenerife, Magdalena, Colombia

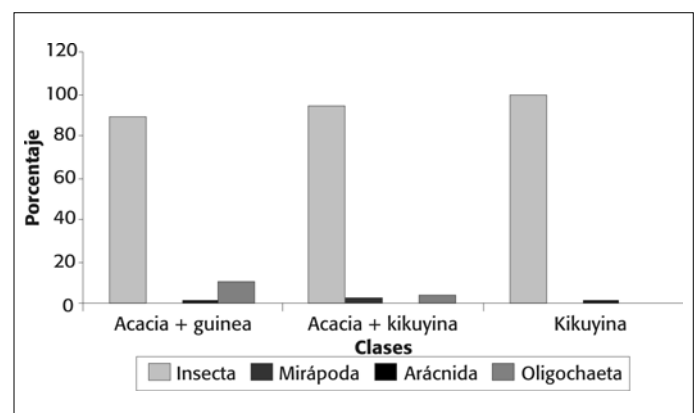
Tratamientos	Distribución poblacional (%)	
	Zona alta	Zona baja
Acacia + guinea	3,4	96,6
Acacia + kikuyina	16,7	83,3
Kikuyina (testigo)	16,5	83,5

De otra parte, en el perfil de 0 - 10 cm de profundidad se concentra la más alta población de la macrofauna edáfica en todos los tratamientos (tabla 7).

Tabla 7. Distribución porcentual de la macrofauna según la profundidad del suelo ubicada en la finca Melo de Tenerife, Magdalena, Colombia

Tratamiento	Profundidad del suelo		
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Acacia + guinea, %	95,5	3,4	1,1
Acacia + kikuyina, %	89,6	6,3	4,1
Kikuyina (testigo), %	92,9	4,7	2,4

Así mismo, los insectos exhiben la mayor representatividad entre las clases de la macrofauna. Es relevante la presencia de cantidades importantes de individuos pertenecientes a la clase Oligochaeta y al orden Haplotoxida (lombrices de tierra) en los tratamientos *Leucaena* sp., asociada con *P. maximum* cv. Tanzania (10,1%) y *Leucaena* sp., asociada con *B. pertusa* (4,1%) (figura 1). Dentro de la clase Insecta, el orden Isoptera presenta la mayor representatividad variando su distribución porcentual de 77,4% a 87,3% (figura 2).

**Figura 1.** Distribución porcentual por clase de la macrofauna edáfica presente en los diferentes tratamientos en la finca Melo, municipio de Tenerife, Magdalena, Colombia

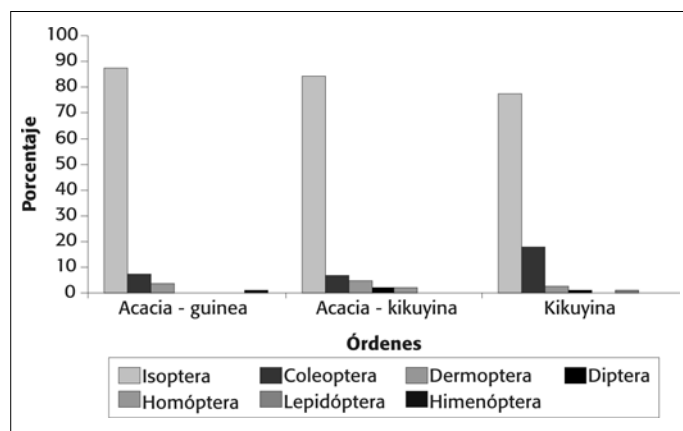


Figura 2. Distribución porcentual de los órdenes de la clase Insecta presente en los diferentes tratamientos en la finca Melo, municipio de Tenerife, Magdalena, Colombia

Rodríguez y colaboradores (2000), al evaluar el comportamiento de la macrofauna del suelo en el sistema de ceba de toros con utilización de *Leucaena* sp., observaron un incremento significativo de la biomasa de los individuos en el tratamiento de pastizal nativo con 100% de acacia forrajera, en el que además se crearon las condiciones más favorables para la actividad de la biota, al existir mayor grado de humedad del suelo. Sánchez y colaboradores (2000) encontraron una densidad promedio de 81,12 individuos/m². Los órdenes de la macrofauna de mayor densidad y biomasa correspondieron a Haplotaxida (lombrices de tierra), Stylommatophora (caracoles y babosas) e Isopoda (cochinillas de humedad) y a la clase Diplopoda (ciempiés y milpiés). La distribución de los organismos fue diferente entre los estratos y existió un predominio de individuos en el primer estrato. En el área de monocultivo de gramíneas se registró una densidad de 26,4 individuos / m².

Organismos identificados en el presente trabajo tales como los de las clases Oligochaeta, Gastropoda, Diplopoda, y de los órdenes Isopoda, Isoptera, Coleoptera e Hymenoptera son importantes fragmentadores de hojarasca (Adl, 2003, citado por Hou *et al.*, 2005). Laossi y colaboradores (2008) concluyeron que la densidad de la fauna está afectada por la calidad de la hojarasca y que tiene mayor influencia la calidad que la cantidad; así mismo, plantean que la biomasa de las plantas tiene un efecto positivo sobre la diversidad de la macrofauna del suelo y la densidad. De otra parte, diversos estudios han concluido que la diversidad de la fauna del suelo no está asociada con la diversidad de plantas (Salomón *et al.*, 2004; Wardle *et al.*, 2006), lo cual se atribuye a que muchas especies de la fauna del suelo son genéricas en términos de preferencia de alimentos y hábitat (Wardle *et al.*, 2006; Laossi *et al.*, 2008); en general, la literatura ofrece resultados contradictorios acerca de la preferencia alimenticia de los detritívoros.

Rendimiento agrícola

Se observó mayor precocidad en las variedades caupica M-11 e ICA provinciano y en las líneas LCPM 34 y LCPM 40 (70 días a cosecha) en relación con la variedad ICA Calamarí (79 días a cosecha); sin embargo, los mayores rendimientos ($p < 0,05$) fueron obtenidos con esta última, siendo los promedios de producción de 1215 y 1145 kg/ha en las distancias de siembra 60 x 30 cm y 80 x 30 cm, respectivamente. Los resultados no revelaron una interacción positiva entre materiales y distancia de siembra; no obstante se presentó una tendencia a mejorar los rendimientos en los materiales evaluados en la distancia de siembra de 60 x 30 cm, excepto la línea LCPM 34 (tabla 8).

Tabla 8. Producción de *Phaseolus vulgaris* (kg/ha) con variedades y líneas establecidas en dos densidades de siembra en arreglos agrosilvopastoriles en la finca Melo, municipio de Tenerife, Magdalena, Colombia

Materiales	Densidad	
	60 cm x 30 cm	80 cm x 30 cm
Caupica M-11	624,5 b*	347,0 c
ICA Provinciano	520,5 b	277,5 c
ICA Calamarí	1215,0 a	1145,0 a
LCPM-34	520,5 b	763,5 b
LCPM-40	590,5 b	416,5 b

* Promedio en la misma columna con letras similares no difiere estadísticamente, según el test de Tukey ($p < 0,05$).

En la evaluación realizada en el segundo semestre del año, los resultados no revelaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos; no obstante la variedad ICA Provinciano presentó rendimientos superiores en 43,3% con respecto a las otras dos variedades (tabla 9). Padilla y colaboradores (2000), al evaluar el efecto del intercalamiento de *Vigna unguiculata* y *Zea mayz*, con *Leucaena leucocephala* cv. Perú y *Panicum maximum* cv. *Likoni*, concluyeron que las plantas/m², altura y ramas/plantas y t/ha de materia seca de la acacia forrajera no se afectaron por la siembra de guinea, maíz y frijol, indicando que no existió competencia entre estas especies. La mejor opción obtenida fue el intercalamiento de tres surcos de frijol en el mes de mayo en el momento de la siembra de la acacia forrajera, seguida de la siembra de tres surcos de guinea en julio, por hacer un aporte en cantidad y calidad

Tabla 9. Producción de *Phaseolus vulgaris* (kg/ha) con variedades sembradas en el segundo semestre en sistemas agrosilvopastoriles en la finca Melo, municipio de Tenerife, Magdalena, Colombia

Variación	Producción (kg/ha)*
Selección Palmira	833,0
ICA calamarí	833,0
ICA provinciano	1194,0

de biomasa total producida. Los rendimientos de frijol obtenidos fueron de 0,45 a 0,75 t/ha de grano.

Estimando costos de producción por hectárea en \$1.507.000 con este sistema y con base en un promedio de rendimiento de 1194 kg/ha, el sistema genera un ingreso adicional de \$403.400/ha; la siembra de frijol puede realizarse en ambos semestres durante el primer año de establecida la arborea (tablas 10 y 11).

Tabla 10. Costos de producción de 1 ha de frijol para grano en arreglo agrosilvopastoril, en la finca Melo, municipio de Tenerife, Magdalena, Colombia

Actividad	Valor (\$)
Semilla, kg	57.000
Adecuación del terreno (corte de malezas con machete y azadón)	200.000
Siembra	140.000
Mantenimiento del cultivo (control de malezas con machete)	220.000
Control de plagas (insecticida y aplicación)	100.000
Cosecha en vaina	500.000
Beneficio del grano	200.000
Empaques	60.000
Transporte	70.000
Total	1.507.000

Tabla 11. Ingreso por hectárea obtenido con el cultivo de frijol para grano en arreglo agrosilvopastoril en la finca Melo, municipio de Tenerife, Magdalena, Colombia

Ingreso	Valor (\$)
Semilla producida (1194 kg) vendida para consumo	1.910.400
Costo total	1.507.000
Ingreso	403.400

Crecimiento de las arbóreas

Altura de la acacia forrajera

En la fase de vivero *Leucaena sp.* presentó una altura promedio de 11,1 cm, 24,9 cm y 38,3 cm a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, registrando promedios de crecimiento de 11,1 cm, 13,8 cm, 13,4 cm en los intervalos de 0 a 30, 30 a 60 y 60 a 90 días, respectivamente.

Tabla 12. Promedio de incremento en altura de la acacia forrajera intercalada con frijol y maíz 90 días después del trasplante en la finca Melo, municipio de Tenerife, Magdalena

	Tratamientos					
	Frijol	Testigo	Diferencia	Maíz	Testigo	Diferencia
Promedio de incremento de altura (cm)	91,7 ± 13,8	71,2 ± 18,7	20,5	123,2 ± 31,0	94,3 ± 24,0	29,0

Analizando el crecimiento de *Leucaena sp.*, durante 90 días después de transplantadas al sitio definitivo, donde fueron intercalados cultivos de frijol y maíz, se observó mayor altura de estas plantas en relación con las establecidas en cultivos puros. Los resultados registraron promedios de incrementos en altura, superiores de 20,5 cm y 29,0 cm de la acacia forrajera (*Leucaena sp.*) asociada con frijol y maíz, respectivamente, en relación con las no asociadas; este efecto positivo puede atribuirse al control de malezas adicionalmente realizado a los cultivos. De otra parte, se obtuvo un incremento de altura superior en 41,5% de la *Leucaena sp.* asociada al maíz con respecto al frijol, lo cual puede explicarse posiblemente por el tipo de crecimiento erecto de la gramínea y a la diferencia en el sistema radical de estas especies, reduciendo la competencia por los nutrientes (tabla 12). Posiblemente la arborea y el frijol poseen raíces que ocupan los mismos sectores del perfil del suelo (Pezo e Ibrahim, 1999), siendo mayor la competencia por los nutrientes.

Producción de materia seca del forraje y composición botánica de la pradera

Evaluaciones realizadas en el período comprendido entre agosto y noviembre, enmarcadas en la época de máxima precipitación, registraron promedios de producción de materia seca mayor en el arreglo *Leucaena sp.*, asociada con *P. maximum* cv. Tanzania (13,7/ha), comparado con el arreglo *Leucaena sp.* asociada con *B. pertusa* (3,6 t/ha) y con el monocultivo de *B. pertusa* (2,0 t/ha). Las producciones de forraje en el tratamiento *Leucaena sp.* asociada con *P. maximum* cv. Tanzania fueron superiores en 280% y 585% respecto a las presentadas en los arreglos *Leucaena sp.* asociada con *B. pertusa* y al monocultivo de *B. pertusa*, respectivamente, de lo que se infiere la posibilidad de incrementar notablemente la capacidad de carga. En la composición botánica se observó un aporte mayor del componente gramínea (91,6%) en el arreglo *Leucaena sp.*, asociada con *P. maximum* cv. Tanzania. En términos porcentuales, este arreglo fue superior al tratamiento *Leucaena sp.* asociada con *B. pertusa* en 20,8% y a *B. pertusa*, en 17,5%. Es relevante el aporte de la *Leucaena sp.*, en la composición botánica del tratamiento *Leucaena sp.*, asociado con *B. pertusa* (tabla 13); también es relevante el mejoramiento logrado con la incorporación de *P. maximum* en el arreglo, en cuanto a oferta de biomasa.

Tabla 13. Producción de materia seca y composición botánica de potreros en arreglos agrosilvopastoriles en la finca Melo, municipio de Tenerife, Magdalena

Arreglo	Materia seca (t/ha)	Composición botánica (%)		
		Gramínea	Leguminosa	Malezas
Acacia + guinea	13,7	91,6	1,0	3,9
Acacia + kikuyina	3,6	64,0	6,8	29,0
Kikuyina	2,0	74,1	0,0	18,9

Valor nutritivo del forraje

Los análisis químicos de los materiales revelaron mayor contenido de proteína cruda ($p < 0,05$) de la gramínea *P. maximum* cv. Tanzania en relación con la *B. pertusa* asociada con *Leucaena* sp. La proteína cruda también presentó tendencia al incremento en ambas gramíneas (*P. maximum* y *B. pertusa*) al pie de la acacia forrajera respecto a las localizadas en la mitad de la calle, efecto atribuido posiblemente a la presencia del árbol. Así mismo, es relevante el menor contenido de proteína cruda y la baja digestibilidad de *B. pertusa* en monocultivo (tabla 14).

Ribaski e Inoue (2000) obtuvieron resultados similares y concluyeron que el forraje de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) bajo la copa de árboles de trupillo (*Prosopis juliflora*, SW) presentó mejor valor nutritivo, caracterizado principalmente por los mayores porcentajes de proteína cruda y aumento de la digestibilidad in vitro de la materia seca, especialmente del material más cercano al fuste de los árboles.

Tabla 14. Valor nutritivo de los forrajes en arreglos agrosilvopastoriles en la finca Melo, municipio de Tenerife, Magdalena

Arreglo	P.C. (%)	F.D.A. (%)	Lignina (%)	Digestibilidad (%)
Guinea pie de árbol	13,6 a	19,1 b	3,0 b	49,3 a
Guinea mitad calle	12,9 a	15,8 b	3,6 b	51,8 a
Kikuyina pie de árbol	7,7 b	20,0 b	6,1 ab	51,7 a
Kikuyina mitad calle	6,9 b	18,8 b	6,5 ab	51,7 a
Kikuyina monocultivo	3,7 c	28,7 a	8,5 a	46,6 b

* Promedio en la misma columna con letras similares no difiere estadísticamente, según test de Tukey ($p < 0,05$).

Tabla 15. Producción de leche con vacas en pastoreo en arreglos agrosilvopastoriles en la finca Melo, municipio de Tenerife, Magdalena

Parámetro	Primer ciclo (42 días)			Segundo ciclo (42 días)		
	A	B	C	A	B	C
Promedio de producción, L/vaca/día	6,30	6,93	6,37	5,30	6,40	5,25
Capacidad de carga, cab/ha	1,3	1,3	4,7	1,3	1,8	5,5
Producción/ha, L/ha	8,2	9,0	29,9	6,9	11,5	28,9
Producción período/ha, L/ha	344,4	378,0	1255,8	289,8	483,0	1213,8

A: potrero de kikuyina. B: potrero acacia-kikuyina. C: potrero de acacia-guinea cv. Tanzania.

Producción y composición láctea

Producción láctea

En la tabla 15 se incluyen los parámetros analizados en dos ciclos de pastoreo rotacional con 7 días de ocupación y 35 de descanso. Se aprecia en ambos ciclos de pastoreo mejores expresiones de los parámetros evaluados en el tratamiento *Leucaena* sp. asociada a *P. maximum* cv. Tanzania.

En el primer ciclo de pastoreo se obtuvo mayor producción de leche por hectárea durante el período evaluado en el arreglo *Leucaena* sp., asociada a *P. maximum*, con una producción de 1255,8 L; superior a la obtenida con los arreglos *Leucaena* sp., asociada con *B. pertusa* (378 L) y *B. pertusa* (344,4 L). La mayor capacidad de carga se registró con el arreglo *Leucaena* sp., asociada con *P. maximum* en ambos ciclos de pastoreo (4,7 y 5,5 cabezas/ha), superior a la obtenida con el sistema de gramínea modal de la zona -kikuyina en monocultivo (1,3 y 1,3 cab/ha) y el arreglo *Leucaena* sp. asociada con *B. pertusa* (1,3 y 1,8 cab/ha).

Similar tendencia se observó en el segundo ciclo de pastoreo, en el cual se registró una producción de leche/ha de 1213,8 L durante el ciclo, superior a la obtenida con los arreglos *Leucaena* asociada a *B. pertusa* (483,0 L) y *B. pertusa* (289,8 L), respectivamente. En el valle del Cesar en potreros conformados por mezclas de las gramíneas kikuyina (*B. pertusa*) y angleton (*D. aristatum*) asociadas con acacia forrajera se obtuvo un incremento de la producción de leche por vaca por día de 41,8% en

relación con potreros de solo gramíneas (Roncallo *et al.*, 2000).

Composición láctea

Los análisis de composición láctea registraron contenidos de grasa, sólidos no grasos y sólidos totales en los sistemas agrosilvopastoriles superiores al obtenido en el monocultivo de *B. pertusa*. La leche en los arreglos *Leucaena* sp., asociada con *P. maximum* cv. Tanzania y *Leucaena* sp. asociada con *B. pertusa* presentaron contenidos de sólidos totales superiores en su orden de 1,23 y 1,09% en relación con el obtenido en el monocultivo de *B. pertusa*; así mismo, los contenidos de grasa fueron superiores en 0,68 y 0,71%, respectivamente; este efecto puede atribuirse al mayor suministro de nutrientes aportados por los arreglos agrosilvopastoriles (tabla 16).

Tabla 16. Composición láctea en arreglos agrosilvopastoriles en la finca Melo, municipio de Tenerife, Magdalena

	Grasa (%)	Sólidos no grasos (%)	Sólidos totales (%)
Acacia + kikuyina	4,53 a*	8,73 b*	13,37 a*
Acacia + guinea	4,50 a	9,02 a	13,51 a
Kikuyina	3,82 b	8,46 c	12,28 b

* Promedio en la misma columna con letras similares no difiere estadísticamente, según test de Tukey ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

Es evidente el efecto conservacionista de los arreglos agrosilvopastoriles en lo que respecta a las características físicas, químicas y biológicas del suelo, el cual es visible en las variables densidad aparente y porosidad en el perfil de 0-30 cm de profundidad y población microbiana.

En sistemas agrosilvopastoriles, cuando se cultiva el frijón tipo arbustivo existe un efecto de la variedad sobre el rendimiento; el cultivo genera un beneficio económico importante.

Los cultivos establecidos en el primer año benefician el incremento de la altura de la acacia forrajera (*Leucaena* sp.); el efecto del maíz es mayor en relación con el del frijón.

La producción de materia seca (t/ha) fue superior en el arreglo acacia+guinea (*Leucaena* sp. + *P. maximum*) y acacia+kikuyina (*Leucaena* sp. + *B. pertusa*) en relación con la kikuyina (*B. Pertusa*).

El valor nutricional de la kikuyina es favorecido por la presencia de la acacia forrajera.

La producción y la composición láctea en los sistemas agrosilvopastoriles presentaron incrementos significativos en relación con el grupo testigo.

REFERENCIAS

- Acosta J, Rebuffo M. 2008. Taller: Leguminosas para sistemas silvopastoriles. Disponible en: www.fontagro.ftg-787/2005.pdf.
- Anderson, J. M. e Ingram, J. S. 1989. Trópico Soil Biology and fertility a Handbook of Methods. C.A.B. International. Wallingford, Oxon.
- Association of Official Agricultural Chemist (AOAC. 1995. Official methods of analysis association of official Agricultural chemist. Washington, USA. P. 16-17.
- Hou, P., Zou, X., Huang, Ch., Chien, H. 2005. Plant litter decomposition influenced by soil animals and disturbance in a subtropical rainforest of Taiwan. *Pedobiología* 49:539-547.
- Instituto Colombiano Agropecuario. 1989. Manual de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. ICA. Manual de Asistencia Técnica No. 47. Bogotá. 236 pp
- Laossi, K., Barot, S., Carvalho, D., Desjardins, T., Lavelle, P., Martins, M., Mitja, D., Rendeiro, A., Rousseau, G., Sarrazin, M., Velazquez, E., Grimaldi, M. 2008. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. *Pedobiología* 51: 397-407.
- Lavelle, P. 1994. Fauna activity and soil process: adaptive strategies that determine ecosystem function. 15th world congress of soil science. Vol 1: Inagural and state of the art conferences. Acapulco, México. p 189.
- Murillo. J. 2002. Propiedades físicas de los suelos y sus relaciones con los sistemas de labranza. Memorias: Estrategias de organización, comercialización y tecnológicas para mejorar la competitividad del sistema de producción algodón en el Cesar y La Guajira. Bogotá, P 27-35.
- Novo, R. 1983. Microbiología del suelo y biofertilización. En: Memorias de la fundación de Asesorías para el sector rural (FUNDASES). Santafé de Bogotá. 101 p.
- Padilla, C., Colom, S., Diaz, M., Cino, D., Curvelo, F. 2000. Efecto del intercalamiento de *Vigna unguiculata* y *Zea mayz* de *Leucaena leucocephala* cv. Perú y *Panicum maximum* cv. Likoni. En: memorias IV taller internacional silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". Tomo II. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. P 330 - 334.
- Pinzón A. y Amézquita E. 1991. Compactación de los suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el pie de monte amazónico de Colombia. *Pasturas tropicales*. Vol. 13 N.º 2. P 21-25.
- Restrepo, E., Molina, C., Riascos, V., Cuartas, C., Trujillo, F. 2007. Montaje de modelos ganaderos sostenibles basados en sistemas silvopastoriles en seis subregiones lecheras de Colombia. Disponible en: <http://www.asodoble.com/Formatos/Silvopastoril.pdf>.
- Ribaski, J., Inove, M. 2000. Disponibilidade e Qualidade da Forragem de buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L) em um sistema silvipastoril com algarroba (*Prosopis juliflora* (sw.) DC.) na região semi-árida do Brasil. En: memorias IV taller internacional silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. Tomo I. P 163 - 165.
- Rodríguez, I., Crespo, G., Castillo, E., Fraga, S. 2000. Comportamiento de la macro fauna del suelo en un sistema de ceba de toros con utilización de la Leucaena. En: memorias IV taller internacional silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. Tomo II. P 356.
- Roncallo, B., Barros, J., Baquero, L., Becerra, A. 2000. Producción animal con Acacia forrajera o Leucaena (*Leucaena leucocephala*) en el Valle del Cesar. *Costa Ganadera* p 5-10.
- Salamón, J., Schaefer, M., Alpehi, J., Schmid, B., Scheu, S., 2004. Effects of plant diversity on Collembola in an experimental grassland ecosystem. *Oikos* 106:51-60.
- Sánchez, S., Milera, M., Sanchez, T. 2000. Caracterización de la macro fauna edáfica en un sistema biodiverso de gramíneas y leguminosas con densidad media de Leucaena leucocephala. En: memorias IV taller internacional silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. Tomo II. P 464 - 466.
- Tilley, J.M.A. and Terry, R.A. 1963. A two stage technique for the "in vitro" digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, 18 (2): 104-111.
- Van Soest, P.H.; Wine, R. 1968. Determination of lignin and cellulose in ADF with permanganate. *Journal of the association of official analytical chemists*. 51:780.
- Wardle, D., Yeates, G., Barker, G., Bonner, K. 2006. The influence of plant litter diversity on decomposer abundance and diversity. *Soil Biology & Biochemistry* 38: 1052-1062.