

Informe de proyecto de investigación: 5402-2151-8201

ITCR-ICE

Antes



Después



Efectos del componente arbóreo (*Gliricidia sepium* y *Erythrina berteroana*) sobre características físicas, químicas y biológicas del suelo bajo un sistema silvopastoril asociado a *Brachiaria brizantha* CIAT 26110 CV. Toledo en la zona húmeda baja de Costa Rica

Ing. Alberto Camero Rey. M.Sc. Escuela de Agronomía. ITCR Sede San Carlos

Ing. Herberth Villalobos Soto. M.Sc. Unidad de Cuencas Río Peñas Blancas. ICE

Informe elaborado por:

Ing. Alberto Camero Rey. M.Sc. Escuela de Agronomía. ITCR Sede San Carlos

Abril 2011

Agradecimiento

Por este medio los investigadores manifiestan su agradecimiento a:

- Al Sr. Ronald Meléndez por facilitar su finca para el desarrollo de la presente investigación.
- A los Sres. Carlos Ramón Araya Campos; Alexander Paniagua Soto y Vinicio Salazar Pérez, funcionarios de la Escuela de Agronomía Sede San Carlos, por su gran colaboración en los trabajos de campo.
- A Heiner Rodríguez Díaz, estudiante asistente de la Escuela de Agronomía Sede San Carlos.

TABLA DE CONTENIDOS

Título	Página
AGRADECIMIENTOS	i
TABLA DE CONTENIDOS	ii
TABLA DE CUADROS	iv
TABLA DE FIGURAS	v
TABLA DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	1
2.1. Objetivo general	1
2.2. Objetivos específicos	2
2.3. Hipótesis técnica	2
3. REVISIÓN DE LITERATURA	2
3.1 Importancia de los sistemas silvopastoriles	2
3.2 Generalidades de la brachiaria (<i>Brachiaria brizantha</i>)	3
3.3 Generalidades del poró (<i>Erythrina berteroana</i>)	4
3.4. Generalidades del madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>)	4
3.5 Lombrices de tierra en el suelo	5
3.6 Cantidad y calidad de biomasa en un sistema silvopastoril	5
4. MATERIALES Y MÉTODOS	6
4.1 Localización	6
4.2 Establecimiento del ensayo	7
4.3 Tratamientos	9
4.4 Variables evaluadas	11
4.4.1 Propiedades fisicoquímicas del suelo	12
4.4.2 Densidad poblacional de lombrices en el suelo	12
4.4.3 Biomasa del componente arbóreo	12

4.4.4 Biomasa del componente pasto asociado	12
4.4.5 Materia seca del componente arbóreo y gramínea	13
4.4.6 Valor nutricional de la gramínea asociada	13
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1 pH y cantidad de materia orgánica (MO) en el suelo	13
5.2 Densidad poblacional de lombrices en el suelo	13
5.3 Biomasa del componente arbóreo	15
5.4 Biomasa del componente pasto asociado	17
5.4.1 Rendimiento de materia seca (kg MS corte ⁻¹ y año ⁻¹)	18
5.4.2 Valor nutricional de la gramínea asociada	28
5.5 Rendimiento total de biomasa en el sistema	21
6. CONCLUSIONES	22
7. BIBLIOGRAFÍA	23
8. ANEXOS	27

TABLA DE CUADROS

Título	Página
Cuadro 1. Efectos de los tratamientos sobre los valores de pH y contenido de materia orgánica en el suelo	15
Cuadro 2. Efecto de los tratamientos sobre la densidad poblacional de lombrices en el suelo.	16
Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de materia seca	19
Cuadro 4. Efecto de los tratamientos sobre el valor nutricional de la gramínea asociada	20
Cuadro 5. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento total de biomasa ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) del sistema.	23

TABLA DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. Distribución mensual de la precipitación en la zona de estudio durante el período experimental	8
Figura 2. Uso del suelo antes del establecimiento del ensayo	9
Figura 3. Preparación del terreno para establecimiento de las arbóreas y el pasto	9
Figura 4. Método de establecimiento del componente arbóreo	10
Figura 5. Poró asociado a brachiaria	10
Figura 6. Distribución de los tratamientos en el en el área experimental	11
Figura 7. Contenido de acidez (pH) en el suelo de un sistema silvopastor	12
Figura 8. Contenido de materia orgánica en el suelo de un sistema silvopastoril	15
Figura 9. Población de lombrices en el suelo de un sistema silvopastoril	16
Figura 10. Desarrollo del componente arbóreo madero negro y poró.	18
Figura 11. Contenido de fibra ácido detergente por tratamiento en un sistema silvopastoril.	18
Figura 12. Contenido de fibra neutro detergente por tratamiento en un sistema silvopastoril.	21
Figura 13. Contenido de proteína cruda por tratamiento en un sistema silvopastoril.	22

TABLA DE ANEXOS

Título	Página
Anexo 1. Resultado de análisis de suelo 1	28
Anexo 1. Resultado de análisis de suelo 2	29
Anexo 3. Análisis de varianza para las variables estudiadas	30

RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles, que incluyen el uso adecuado de especies arbóreas, especialmente de la familia *leguminaceae*, como los elementos propiciadores de un sistema integrado (gramínea-árbol-animal); en donde los árboles activan el ciclaje y bombeo de nutrientes en el suelo, aportan materia orgánica y pueden mejorar la productividad forrajera y la población de especies de macro y microorganismos que intervienen en la dinámica de ciclaje de los nutrientes, son considerados como una alternativa para el desarrollo sostenible de los sistemas ganaderos tropicales. Bajo este contexto, con el objetivo de evaluar algunas características fisicoquímicas en el suelo, la densidad poblacional de lombrices, la producción y valor nutricional del forraje producido, se condujo el presente trabajo donde se evaluaron tres sistemas de producción: T1 (*Gliricidia sepium* asociado a *Brachiaria brizantha* CV Toledo CIAT 26110); T2 (*Erythrina berteroana* asociado con *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha* CV Toledo CIAT 26110) y T3 (*Brachiaria* (*Brachiaria brizantha brizantha* CV Toledo CIAT 26110 como monocultivo) . La investigación se realizó en la finca del señor Ronald Meléndez, localizada en la cuenca del río Peñas Blancas, sector de Los Ángeles, Distrito San Isidro, Cantón de San Ramón, Provincia de Alajuela.

Bajo las condiciones en que se desarrolló este trabajo, no se encontraron diferencias en el suelo para los valores de pH (5,53; 5,50 y 5,60 para T1, T2 y T3, respectivamente), pero sí para el porcentaje de materia orgánica (1,23; 1,70 y 1,20, para T1, T2 y T3, respectivamente) y la cantidad de lombrices en el suelo (215, 314 y 263 lombrices m², para T1, T2 y T3 respectivamente). Con respecto a la producción de materia seca de la *Brachiaria brizantha*, no se encontró diferencias entre tratamientos, siendo la producción estadísticamente igual en cualquiera de los sistemas estudiados (promedio de 33 t ha⁻¹ año⁻¹ en cortes cada 30 días). La producción de biomasa del componente arbóreo fue evaluado solamente en *Erythrina berteroana* ya que *Gliricidia sepium* no sobrevivió al sistema. La producción de la biomasa de *Erythrina berteroana* fue de 2724 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ con cortes cada seis meses. Para el valor nutricional del componente forrajero de la *Brachiaria brizantha*, no se encontró diferencias significativas entre tratamientos (promedios de 10,40 % PC, 33 % FAD, 56 % FND).

Es evidente los cambios si comparamos los valores de materia orgánica del suelo, densidad poblacional de lombrices y producción total de biomasa (gramínea y arbóreas) obtenidos al final del período de experimentación versus lo reportado antes de establecer los tratamientos. Se confirma un gran aumentos de las variables mencionadas, por lo que se puede concluir en forma general que el cambio de uso del suelo de potrero bajo un monocultivo de pasto ratana (*Ischaemum indicum*) a sistemas silvopastoriles (*Erythrina berteroana* – *Brachiaria brizantha*; *Gliricidia sepium* – *Brachiaria brizantha*) y/o pastura mejorada (*Brachiaria brizantha*) representan un cambio muy favorable al mejoramiento productivo de la biomasa producida y algunas condiciones físicas y químicas del suelo.

ABSTRACT

Silvopastoral systems, including the proper use of tree species, especially the family Leguminaceae as enabling elements of an integrated system (grass-tree-animal), where trees trigger the cycling and pump of nutrients in the soil, add organic matter and can improve forage production and species population of macro-and micro-organisms involved in the dynamics of nutrient cycling, are considered as an alternative for the sustainable development of tropical farming systems. This work was conducted in order to evaluate some physicochemical characteristics in the soil, the earthworm population density, production and nutritional value of forage produced where three production systems were evaluated T1 (*Gliricidia sepium* associated *Brachiaria brizantha* CV Toledo CIAT 26110), T2 (*Erythrina berteroana* associated with *Brachiaria brizantha* CV Toledo CIAT 26110) and T3 (*Brachiaria brizantha* CV Toledo brizantha CIAT 26110 as a monoculture). The research was developed in the farm of Mr. Ronald Meléndez, located in Los Angeles, San Isidro district, Canton of San Ramon, Alajuela Province.

Under the conditions this work was developed, no differences were found in the soil for pH values (5.53, 5.50 and 5.60 for T1, T2 and T3, respectively), however, differences were found for the percentage of organic matter (1.23, 1.70 and 1.20, for T1, T2 and T3, respectively) and the number of worms in the soil (215, 314 and 263 m² worms, for T1, T2 and T3 respectively). With respect to dry matter production of *Brachiaria brizantha*, no differences were found among treatments, being the production statistically similar in any of the systems studied (average 33 t ha⁻¹ yr⁻¹ in cuts every 30 days). Biomass production of tree components was evaluated only in *Erythrina berteroana* as *Gliricidia sepium* did not survive the system. The biomass production was berteroana *Erythrina* 2724 kg DM ha⁻¹ yr⁻¹ with cuts every six months. For the nutritional value of forage component of *Brachiaria brizantha*, no significant differences between treatments (average of 10.40% CP, 33% FAD, 56% NDF).

Changes are evident when comparing the values of soil organic matter, earthworm population density and total biomass production (grasses and trees) obtained at the end of the experimental period versus what was reported before establishing the treatments. It confirms a large increase of these variables, so it can be concluded in general that the change of land use under a monoculture pasture grass Ratana (*Ischaemun indicum*) silvopastoral systems (*Erythrina berteroana* - *Brachiaria brizantha*; *Gliricidia sepium* - *Brachiaria brizantha*) and / or improved pasture (*Brachiaria brizantha*) represents a very positive change to improve the production of biomass and some physical and chemical conditions of the soil.

1. INTRODUCCIÓN

En Costa Rica los sistemas de producción ganadera de leche, especialmente en la zona norte representan una de las actividades generadoras de recursos de mayor importancia; sin embargo, actualmente esta actividad productiva está siendo fuertemente cuestionada desde el punto de vista ambiental, dado su asocio con la degradación de los ecosistemas y contribución al calentamiento global por la producción de gases de efecto invernadero.

La toma conciencia de los problemas ambientales asociados a la ganadería es un hecho hoy día y se están implementando programas que involucran a la agroforestería con la esperanza de disminuir el impacto ambiental que genera este sector de la economía.

Budowski y Combe (1979), citados por Monge y Russo (2009) definen la agroforestería como el conjunto de técnicas de manejo de tierras, que implican la combinación de árboles forestales, ya sea con ganadería o con cultivos y la combinación puede ser escalonada en el tiempo o el espacio, con el objetivo de optimizar la producción por unidad de superficie, respetando el principio de rendimiento sostenido.

Los sistemas silvopastoriles son una opción de producción que se puede manejar con el fin de incrementar la productividad y el beneficio neto del sistema (Sánchez, 1995). Estos sistemas en suelos degradados ayudan a hacer un mejor uso de la tierra y la integración de árboles de uso múltiple permite mayor reciclaje de nutrientes y mejores condiciones ambientales para el sistema (Serrao, 1991). Camero *et al.* (2000) mencionan que los sistemas silvopastoriles permiten la rehabilitación de pasturas degradadas, la prevención del deterioro de los recursos naturales y asegura la competitividad ante la apertura de mercados; conceptualizando la producción animal en el contexto de que los sistemas silvopastoriles constituyen un enfoque válido y necesario.

Con estos antecedentes el presente trabajo planteó el objetivo de conocer algunas respuestas de la contribución de un sistema silvopastoril sobre algunas propiedades fisicoquímicas y biológicas en el suelo y otros aspectos productivos y de valor nutricional de la biomasa del sistema que permitan dar pautas para sugerir y establecer sistemas productivos ganaderos más amigables con el medio ambiente.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Estudiar la influencia de dos especies arbóreas (*Gliricidia sepium* y *Erythrina berteroana*) asociadas a una gramínea forrajera (*Brachiaria brizantha* CIAT

26110 CV. Toledo) sobre cambios físico-químicos del suelo, cantidad y valor nutricional de la biomasa forrajera y población de lombrices en un sistema silvopastoril en la zona húmeda norte de Costa

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del componente arbóreo sobre los contenidos de materia orgánica y pH del suelo.
- Evaluar el efecto del componente arbóreo sobre la densidad poblacional de lombrices en el suelo.
- Evaluar el efecto del componente arbóreo sobre la producción y valor nutricional de la biomasa arbórea y forrajera del sistema.

2.3 Hipótesis técnica

- El asocio de componentes arbóreos con forraje, mejora los contenidos de materia orgánica del suelo, densidad poblacional de lombrices y la producción forrajera del sistema.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Importancia de los sistemas silvopastoriles

Camero *et al.* (2000) mencionan que la ganadería tropical basa su productividad en los pastos, siendo este sistema altamente dependiente de insumos debido a la aplicación constante de fertilizante para la regeneración de los forrajes. Consecuentemente se deben buscar estrategias con el fin de minimizar dicha dependencia. Debido a esto, nace la necesidad de desarrollar alternativas tales como los sistemas silvopastoriles, que incluyan el uso adecuado de especies arbóreas, especialmente de la familia *leguminaceae* como los elementos propiciadores de un sistema integrado (gramínea-árbol-animal); en donde los árboles activen el ciclaje y bombeo de nutrientes en el suelo, en particular del nitrógeno, además aporten materia orgánica, mejoren la estructura del suelo, así como la población de especies de macro y microorganismos que intervienen en la dinámica de ciclaje de los nutrientes en la relación planta-suelo; mientras que la sombra que proyectan atenúen la intensidad lumínica y la temperatura foliar de las plantas y mejoren también el contenido de proteína cruda de los pastos o forrajes acompañantes.

Los sistemas silvopastoriles son el asocio de especies leñosas con pasturas. Es una combinación natural o una asociación deliberada de uno o de varios componentes leñosos (arbustivos y/o arbóreos) dentro de una pastura de especies de gramíneas y de leguminosas herbáceas nativas o cultivadas y su utilización con rumiantes y herbívoros en pastoreo (Combe y Budowski, 1979; Nair, 1985; Nair, 1989).

Los sistemas silvopastoriles aumentan la diversidad mejorando las interacciones presentes en el ecosistema. El forraje protege al suelo de la erosión y del viento a la vez que adiciona materia orgánica, mejorando las propiedades del suelo (USDA, 1997).

En estos sistemas se dan interacciones (en la mayoría de los casos benéficas) entre plantas leñosas perennes, vegetación herbácea, bovinos y suelo. Estos cuatro componentes a su vez se encuentran afectados por un marco regional y climático, viéndose también influenciados por aspectos sociales, culturales y económicos de los productores (Gil *et al.* 2005).

Algunas de las ventajas que se podrían lograr a partir de la implementación de estos sistemas han sido definidas por varios autores (Borel, 1987; Borel, 1993; Bronstein, 1983; Montagnini, 1992; Rusco y Botero, 1996a; Torres 1983) citados por Botero y Russo (2005):

- Incremento del nivel de nitrógeno en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera, a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces. Además, sus raíces pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y traerlos a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura o para el cultivo agrícola asociado. En algunos casos, pueden incrementar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio.
- Mejoramiento de las características físicas del suelo (porosidad y densidad aparente). Su efecto de descompactación es positivo y relevante en áreas degradadas, a causa de la compactación del suelo, ocasionada por la mecanización y/o por el pisoteo continuo del ganado.
- Aumentan el contenido de materia orgánica del suelo.
- Microclima favorable para los animales en pastoreo (sombra, menor radiación y menor temperatura).
- Aceleramiento del reciclaje de nutrimentos en el suelo.

3.2 Generalidades de la brachiara (*Brachiaria brizantha* CV Toledo (CIAT 26110)

El pasto brachiaria CV Toledo es una nueva alternativa forrajera correspondiente a la accesión *Brachiaria brizantha* CIAT 26110, la cual procede de Burundi, África. Es una planta que crece formando macollas y presenta una amplia adaptabilidad a diversos suelos y climas. Se considera que se desarrolla de buena manera en el trópico húmedo, pero se adapta mejor en lugares donde existan suelos de mediana y buena fertilidad. En sitios donde se presenten suelos de mediana fertilidad y precipitaciones anuales mayores a los 1600 mm, el CV. Toledo presenta rendimientos de 30 toneladas de materia seca hectárea⁻¹ año⁻¹. Con estos rendimientos se puede permitir a un productor utilizar cargas animales superiores a 2.5 UA ha⁻¹ con un período de descanso entre pastoreos de alrededor de 25 días. Este pasto presenta contenidos de proteína cruda (PC) en las hojas de 13%, 10% y 8% a edades de rebrote de 25, 35 y 45 días, respectivamente. En estas mismas edades, la digestibilidad *in vitro* de la MS es de

67%, 64% y 60%. Se debe mencionar que debido al rápido crecimiento después del pastoreo el nivel de PC en el forraje puede ser inferior al 7%, lo cual repercute negativamente en la producción animal. Para contrarrestar esto se recomienda manejar el pastizal con altas cargas animales y pastoreos frecuentes (Lascano *et al.* 2002).

3.3 Generalidades del poró (*Erythrina berteroana*)

Este árbol es usado comúnmente para cercas vivas. Su uso se extiende desde México hasta el norte de América del Sur. Se puede usar como soporte para distintos cultivos. Es una especie de crecimiento rápido, su propagación es bastante fácil por medio de sus semillas, también se utilizan estaquillas o estacones de más de 2.5 m de largo. (OFI/CATIE, 2003).

Según Benavides (1995), el poró se puede propagar por estacas de 0.8 a 1.5 m de largo y más de 3.5 cm de diámetro en siembra directa (acostada en surcos), con un porcentaje de rebrote superior al 85 %, si la precipitación y la preparación del suelo durante la siembra son adecuadas. En zonas húmedas se puede plantar durante todo el año en tanto en lugares con un período de sequía bien definida la siembra debe efectuarse al inicio de las lluvias. En áreas planas para una siembra compacta (banco de proteína) se puede usar un espaciamiento de 0.5 m entre plantas y 1 m entre hileras. El primer corte debe efectuarse a los 12 meses de plantada y la poda se realiza cada 3 meses en zonas húmedas y cada 4 meses en zonas secas, si la planta presenta buen desarrollo.

En muchos países se usa para cercas vivas y su follaje es usado para la alimentación de las cabras y vacas, con buena aceptación por los mismos. Se puede sembrar de forma compacta plantando 25.000 árboles/ha produciendo así más de 15.000 kg de materia seca comestibles/ha/año (Camero, 1991).

Su valor nutricional en cuanto a proteína cruda es muy bueno por lo cual se ha usado en alimentación de rumiantes. Estudios de laboratorio han demostrado su buen valor nutricional, entre ellos los reportados por Benavides (1995) donde indica reporta contenidos de 20 a 24 % de materia seca, 48 a 58 % de digestibilidad de la materia seca, 20 a 25 % de proteína cruda y 1,97 Mcal/kg de MS.

3.4 Generalidades del madero negro (*Gliricidia sepium*)

Es uno de los árboles más comunes en toda América Central y sus usos son múltiples, por ejemplo para forraje, cercas vivas, madera y sus hojas, tallos y raíces como repelente a ciertas plagas (OFI/CATIE, 2003).

Cuando se planta a lo largo de curvas de nivel se usan distanciamientos de 4 a 10 m entre líneas y 0.5 a 1 m entre plantas en la misma línea. En bancos de forraje se usan dos densidades, para tener 5000 plantas ha⁻¹ se siembran en 1x2m y para obtener 40000 plantas ha⁻¹ se siembran en 0.25x1m (Otarola, 1994).

Las hojas de este árbol tienen un elevado valor nutritivo, de 18%-30% de PC y tan solo de 13%-30% de fibra, su digestibilidad está en un rango de 48% a 77% y presenta un bajo contenido de taninos. Sin embargo presenta un problema con la palatabilidad, pero una vez que los animales se acostumbran a su sabor, la consumen bastante bien. (Otárola, 1994).

3.5 La lombriz de tierra en el suelo

Según Martínez *et al.* (1996) la lombriz de tierra favorece la fertilización del suelo, ya que al digerir la materia orgánica, depositan las excretas en el suelo, distribuyendo los nutrientes en el mismo lugar además de encontrarse disponible a las plantas. Además con su movimiento permiten que los nutrientes se distribuyan mejor desde la superficie a las capas profundas.

Con respecto a la relación de C/P, las excretas muestran una relación mayor, en comparación con la que se encuentra en el suelo. Por otra parte, la importancia de las lombrices en los procesos de descomposición, construcción y mantenimiento de la estructura del suelo se ha documentado, tanto en suelos de clima templado como en suelos tropicales (Gilot, 1997; Tian *et al.* 1997).

Las variables ambientales pueden afectar grandemente la actividad y número de lombrices en el suelo (Tian *et al.* 1997) por lo cual es importante tomar en cuenta la biomasa de lombrices como un indicador más de calidad de suelo. Los factores responsables de la abundancia de lombrices se pueden jerarquizar de la siguiente forma: la temperatura como punto superior jerárquico, luego factores edáficos (nutrientes en el suelo) y por último factores estacionales (lluvias, sequías) (Fragoso y Lavelle, 1992).

Martínez (1996) y Hogares Juveniles Campesinos (2005) mencionan los siguientes factores como los más importantes en el comportamiento y población de lombrices:

- Materia orgánica
- Humedad
- Temperatura
- Aireación
- Luz
- Textura del suelo
- Acidez del suelo
- Agroquímicos

3.6 Cantidad y calidad nutricional de la biomasa en un sistema silvopastoril

Jiménez *et al.* (2001), refieren a que uno de los aportes más importantes de los sistemas silvopastoriles es la conservación de los nutrientes en los ecosistemas y el aumento de la disponibilidad de algunos, en especial el nitrógeno. En lo que respecta a este elemento, los árboles pueden suministrar este nutriente por dos vías: fijación biológica por bacterias asociadas a las raíces y absorción de diferentes formas de

nitrógeno de capas profundas del suelo donde las raíces de los cultivos no llegan. Los árboles traslocan e incorporan estos nutrientes en su biomasa, la cual al descomponerse los libera en las capas superficiales del suelo. Así, los nutrientes vuelven a ser disponibles también para los cultivos asociados.

En una investigación hecha por Libreros *et al.* (1994), se logró determinar que en un sistema de producción agroforestal de King grass asociado con poró, el contenido de proteína cruda (PC) del pasto fue mayor que el del pasto solo, incrementándose por efecto del depósito de follaje en el suelo. Por otra parte el contenido de materia seca (MS) y digestibilidad de materia seca (DIVMS) del pasto no se ve afectado por la asociación con la especie arbórea.

Navas (2007), dice que la producción de biomasa a partir de especies arbóreas y arbustivas permite, en épocas de buena producción de las pasturas, suplementar a los animales de manera que se llenen los requerimientos nutricionales y se mejore la producción, ya sea de carne o de leche. Así mismo, en las épocas en las cuales se reduce la producción en el potrero, los sistemas con especies leñosas pasan a ser la base de la alimentación, lo que permite conservar la carga animal en la finca y mantener o evitar la reducción drástica de la producción de leche o la pérdida de peso de los animales.

Daccarett y Blydenstein, citados por Córdoba y Hernández (2001), dicen que en América Central, una pastura creciendo bajo 50% de cobertura de poró (*Erythrina berteroana*), madero negro (*Gliricidia sepium*) y otros árboles, presentó notables incrementos en la calidad nutricional (más PC y menos contenido de fibra) y mantuvo el mismo crecimiento que pasturas a cielo abierto.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización

La investigación se desarrolló en la finca del Sr. Ronald Meléndez, localizada en la cuenca del río Peñas Blancas, sector de Los Ángeles, Distrito San Isidro, Cantón de San Ramón, Provincia de Alajuela, localizada a 10° 30' Latitud Norte y 84° 32' Longitud Este, a una altura de 160 m.s.n.m. Precipitación promedio anual de 3600 mm. Temperatura promedio de 25.6 C° con máximas de 30.1 C° y mínimas de 21.5 C° y una humedad relativa promedio de 84%. En la Figura 1 se muestra el registro de precipitación mensual para el año 2010.

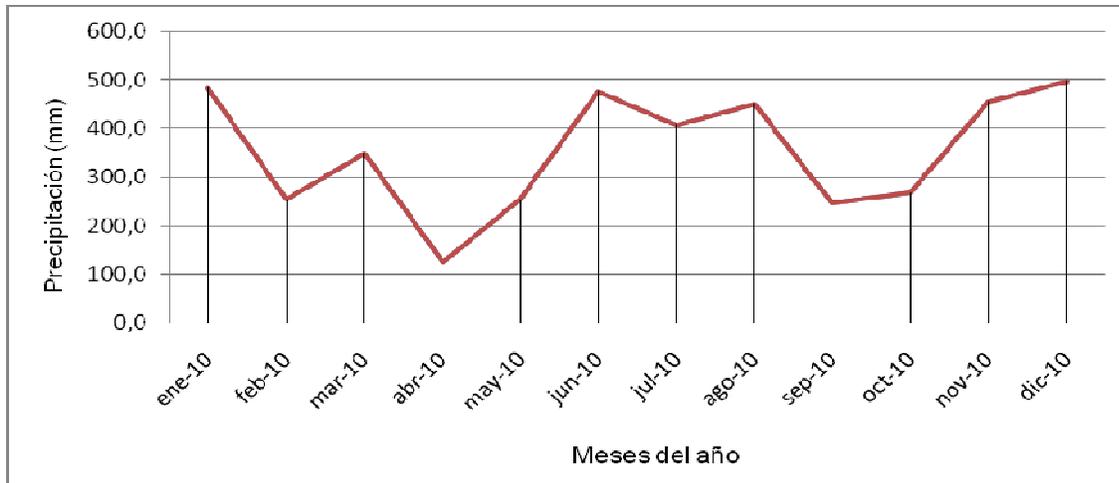


Figura 1. Distribución mensual de la precipitación en la zona de estudio durante el período experimental. (Estación meteorológica ICE Peñas Blancas)

4.2 Establecimiento del ensayo

El establecimiento del ensayo se inició en febrero del 2009 en un potrero dedicado a pastoreo continuo a base de ratana (*Ischaemun indicum*) (Figura 2). Para el establecimiento de la plantación arbórea y la gramínea forrajera, se realizó inicialmente la preparación del suelo (Figura 3), donde se procedió a hacer una limpieza de malezas de forma mecánica y con uso de herbicida Gramaxone (Paraquat fabricado por Syngenta). La semilla de la gramínea se distribuyó al voleo en el área experimental a razón de 6 kg ha^{-1} .



Figura 2. Uso del suelo antes del establecimiento del ensayo. Foto A. Camero, 2009



Figura 3. Preparación del terreno para establecimiento de las arbóreas y el pasto. Foto A. Camero, 2009

El material vegetativo (estacas) de madero negro y el poró se obtuvieron de cercas vivas ubicadas en crecimiento libre. Se procedió a escoger la parte media de la estaca, con un diámetro entre 8 y 12 centímetros y 1.5 a 2 metros de largo, posterior a esto se realizó una incisión (1cm) en la estaca para beneficiar su establecimiento. Las estacas fueron sembradas en surcos de 10 centímetros de profundidad y 10 m de distancia entre los surcos. La forma de siembra de las estacas fue por chorro corrido (Figura 4). En la Figura 5 se pueden observar el establecimiento del sistema silvopastoril evaluado.



Figura 4. Método de establecimiento del componente arbóreo. Foto A. Camero, 2009



Figura 5. Poró asociado a brachiaria. Foto A. Camero, 2009.

4.3 Tratamientos y diseño experimental

- T1 (Mn – Br) = Madero negro asociado con pasto brachiaria Toledo.
- T2 (Po – Br) = Poró asociado con pasto brachiaria Toledo.
- T3 (Br) = Monocultivo pasto brachiaria Toledo.

La distribución de los tratamientos se realizó en forma aleatoria bajo un diseño experimental completo al azar (Figura 6).

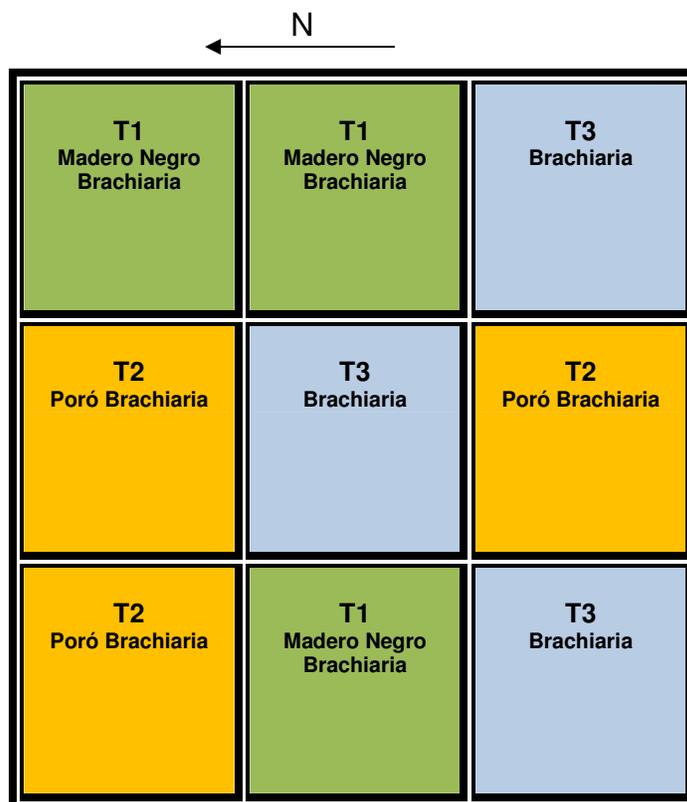


Figura 6. Distribución de los tratamientos en el en el área experimental.

Cada unidad experimental consistió de una parcela, de las cuales se tuvo tres repeticiones, para un total de 9 unidades experimentales. El área total destinada para este experimento fue de 10,800 m², donde se evaluaron tres tratamientos cada uno con tres repeticiones. Cada unidad experimental consistió de 1.200 m² (Figura 7).

Los tratamientos fueron analizados estadísticamente utilizando “The Mixed Procedure” del paquete estadístico SAS. Para determinar si habían diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos se realizó una prueba de medias utilizando LSMEASN/PDIFF de SAS.

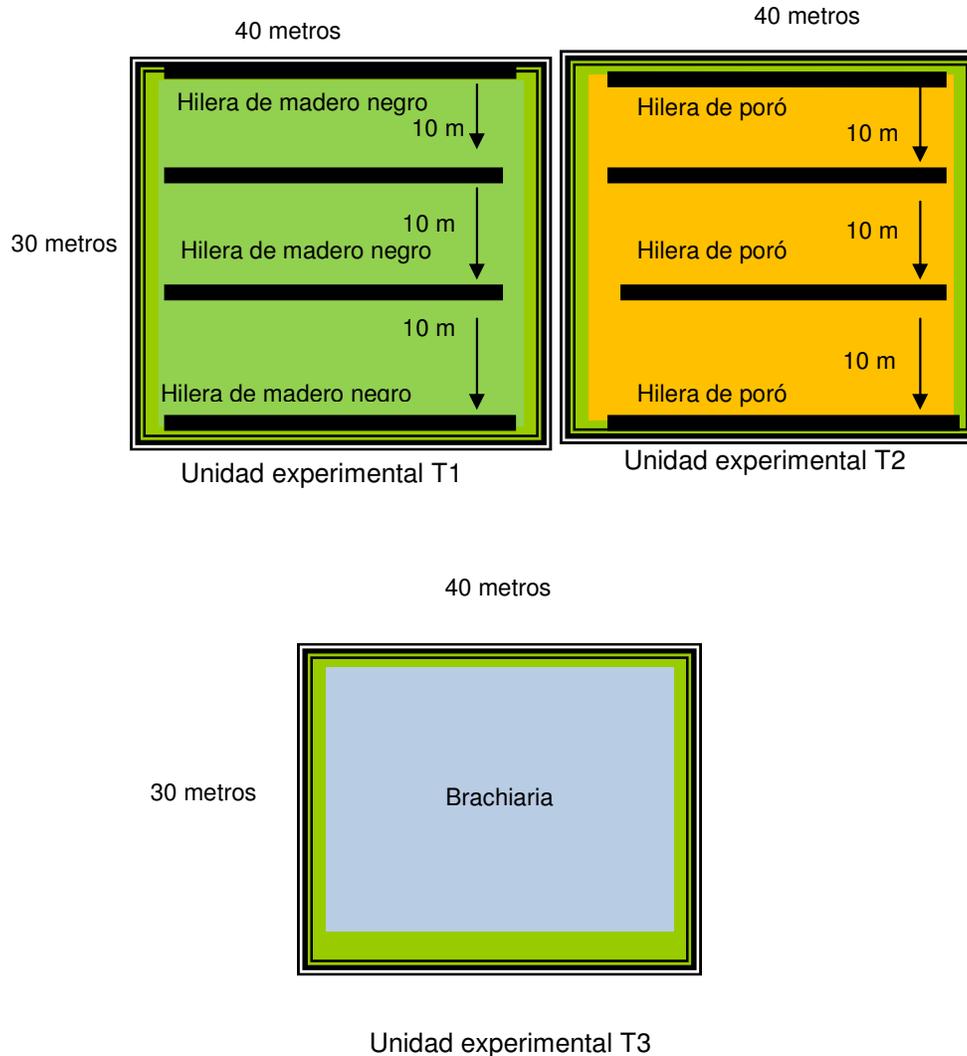


Figura 7. Diseño de la unidad experimental según tratamiento.

4.4. Variables evaluadas

4.4.1. Propiedades fisicoquímicas en el suelo

Se realizaron dos muestreos de suelo, el primero de ellos al inicio del ensayo (febrero 2009) y el segundo al final del período experimental (noviembre 2010). Antes de iniciar el ensayo, se tomaron seis muestras en toda el área experimental a profundidades de 15, 30 y 100 cm de profundidad. Al final del período experimental se tomaron tres puntos al azar en cada parcela experimental a profundidades de 15 y 30 cm con la ayuda de un barreno. Las tres submuestras de 15 cm se mezclaron de forma física en un recipiente y posterior a esto se tomó aproximadamente 300 g de la mezcla para ser

transportadas al laboratorio, el mismo procedimiento se llevó a cabo con las tres submuestras obtenidas a los 30 cm. En total, para el área experimental, se recolectaron 9 submuestras obtenidas a los 15 cm y 9 submuestras obtenidas a los 30 cm. Los análisis se realizaron en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigación y Transferencia en Tecnologías Agropecuarias (INTA) Costa Rica.

4.4.2 Densidad poblacional de lombrices en el suelo

Para el estudio de esta variable se hicieron tres muestreos. El primero se realizó antes del establecimiento del ensayo (febrero 2009) con el objetivo de tener un valor base de la población de lombrices. El segundo y tercer muestreo se realizaron a los 12 y 24 meses de establecido el experimento. Se escogieron tres puntos al azar en cada una de las unidades experimentales. Una vez escogido el punto y con la ayuda de una pala se abrió un hueco de 25 x 25 x 15 cm de dimensión, toda la tierra fue depositada en un recipiente y posterior a esto se procedió a contar todas las lombrices que hubiesen. El mismo procedimiento se siguió para cada uno de los puntos en cada una de las parcelas. Luego de contar las lombrices, se devolvieron al suelo.

4.4.3. Biomasa del componente arbóreo

Se realizó un corte de uniformización a una altura de 2 metros a los seis meses de establecido el ensayo. La cantidad de biomasa producida por el componente arbóreo fue medida seis meses y un año después del corte de uniformización. En cada una de las parcelas existían 4 hileras de especie arbórea. En las dos hileras centrales se procedió a cortar todas las ramas de los árboles a una altura de dos metros. Una vez cosechado el material se introdujo en un estañón y con la ayuda de una balanza se tomó el peso en campo (RMV). Posterior a esto se distribuyó el material dentro de la parcela. Con base al rendimiento de las dos hileras centrales se procedió al cálculo equivalente a RMV ha^{-1} . De este material se tomaron tres muestras compuestas (material tierno y leñoso) para determinar porcentaje de materia seca (% MS) y de allí el rendimiento en kg MS ha^{-1} .

4.4.4. Biomasa del componente pasto asociado

A los 120 días de establecida la plantación se hizo un corte de uniformización, luego cada 30 días se realizaron muestreos para producción de biomasa. Los muestreos del pasto se hicieron de forma aleatoria, bajo el método de muestreo destructivo, con la ayuda de una podadora y utilizando marcos de 50 cm x 50 cm tomando cuatro muestras por parcela a una altura de 40 cm. Una vez recolectadas, se llevaron al laboratorio de agrostología del ITCR donde fueron pesadas con el fin de determinar el rendimiento de materia verde de las parcelas. Con base al rendimiento en las parcelas se calculó el rendimiento total por hectárea.

4.4.5. Materia seca (MS) del componente arbóreo y gramínea asociada

El contenido de materia parcialmente seca se determinó por secado de la muestra a 50 °C por 72 horas en un horno de aire caliente forzado. El peso de la muestra seca se determinó una vez que ésta se equilibró con la humedad ambiente (12 horas después de retiradas del horno). El porcentaje de materia seca se determinó usando la siguiente fórmula:

$$\%MS = (PMV/PMS) * 100$$

Donde:

- %MS = % de materia seca
- PMV = Peso de la muestra verde en gramos
- PMS = Peso de la muestra seca en gramos

4.4.6. Valor nutricional de la gramínea asociada

La proteína cruda se determinó con el equipo de laboratorio “Nitrogen Analyzer Rapid N Cube” y el contenido de FAD y FND mediante la adaptación de la metodología de Van Soest *et al* (1991) y Komarek (1993) para el equipo de laboratorio “Fiber Analyzer” (ANKOM TECHNOLOGY New York, USA).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. pH y contenido de materia orgánica (MO) en el suelo

Según el análisis estadístico no se encontró diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos para los valores de pH en el suelo. Para el contenido de MO se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) siendo superior el tratamiento que incluyó el Poró como arborea. En el cuadro 1 se muestran los valores promedios para cada una de las variables mencionadas.

Cuadro 1. Efectos de los tratamientos sobre los valores de pH y contenido de materia orgánica en el suelo

Variable de respuesta	Tratamientos		
	T1 (Mn – Br)	T 2 (Po - Br)	T 3 (Br)
pH	5.53 a	5.50 a	5.60 a
MO	1.23 b	1.70 a	1.20 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Según los resultados de análisis de suelo, podemos observar una reducción del valor de pH al final del período experimental si lo comparamos con el análisis base o inicial (Figura 8), esta disminución de pH podemos relacionarlo con un aumento en el contenido de materia orgánica en el suelo en cada uno de los tratamientos evaluados al final del período experimental (Figura 9).

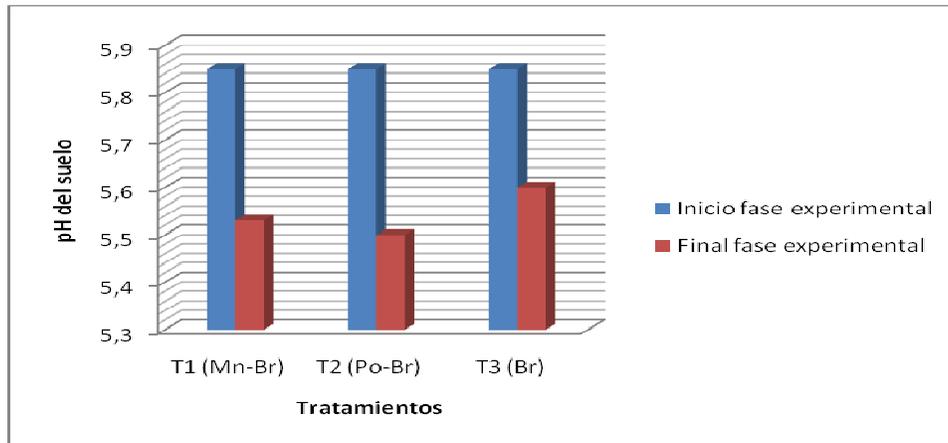


Figura 8. Contenido de acidez (pH) en el suelo de un sistema silvopastoril. Zona Huetaar Norte, 2010.

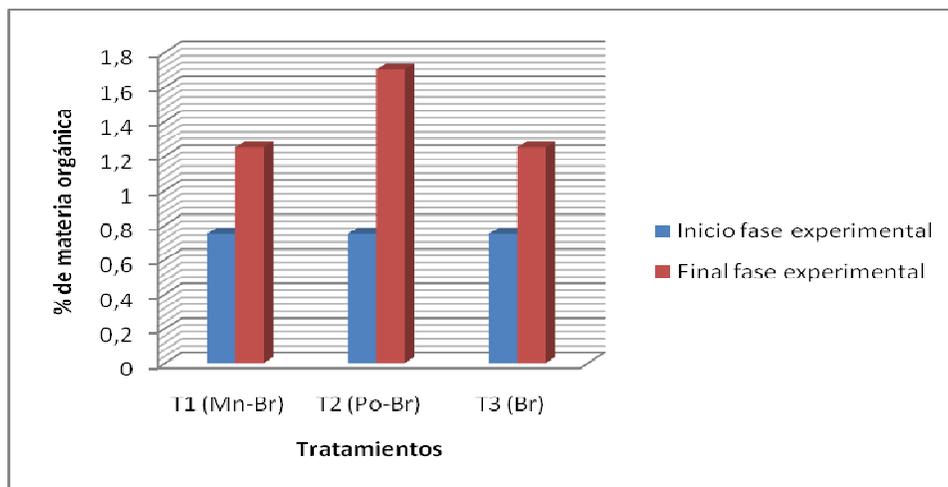


Figura 9. Contenido de materia orgánica en el suelo de un sistema silvopastoril. Zona Huetaar Norte, 2010.

Al inicio del experimento, el suelo presentaba un bajo contenido de materia orgánica (0,75 %). A los 29 meses de establecido el ensayo se nota un incremento de la materia orgánica en todos los tratamientos (1,25: 1,70 y 1,25% para T1, T2 y T3,

respectivamente. La superioridad del contenido de MO en el tratamiento T2 lo podemos relacionar con el aumento en la producción de biomasa de los componentes del sistema silvopastoril (arbóreas y gramínea) datos que se presentan más adelante.

El aumento de la materia orgánica conduce a un descenso de los valores de pH, pues al aumentar el proceso de descomposición se generan ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, estos últimos debido a su elevado contenido en cargas aniónicas les confiere una gran aptitud para formar complejos estables con cationes polivalentes (Fe, Al, Cu, etc.). La abundancia de estos complejos es en parte responsable de su floculación a pH moderadamente ácidos (Labrador, 1996).

5.2 Densidad poblacional de lombrices en el suelo.

Según el análisis estadístico se encontró diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos para la variable cantidad de lombrices en el suelo, siendo mayor los valores para el tratamiento T2 sobre los otros tratamientos evaluados. En el cuadro 2 se muestran los valores totales de lombrices encontradas en el suelo.

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos sobre la densidad poblacional de lombrices en el suelo.

Variable de respuesta	Tratamientos		
	T1 (Mn – Br)	T2 (Po - Br)	T3 (Br)
No. lombrices	216 b	315 a	262 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

La mayor cantidad de lombrices en el suelo que presenta el T2, se puede deber a que es el tratamiento que presenta mayor cantidad de biomasa. Además de esto, al existir más sombra en este tratamiento, los contenidos de humedad y la temperatura media del sistema, pudo haber generado un ambiente óptimo para la población de las lombrices.

Los promedios encontrados en el presente trabajo son superiores a los reportados por Fraile (1989), con valores de 184 lombrices/m² para pasturas con *E. poeppigiana*, en Turrialba, Costa Rica. Umaña (1996), reporta datos de 92 lombrices/m² en la misma zona pero para el año 1995. Es importante señalar que el trabajo de Umaña (1996) se realizó en el mes más seco (marzo) en la zona de Guápiles, por lo que la densidad de lombrices es baja debido a una menor humedad en el suelo (Fragoso y Lavelle, 1992). Esto confirma lo establecido por Abbott y Parker (1980) y Edwards y Lofty (1980),

quienes indican que los patrones de temperatura y precipitación afectan la actividad de los individuos, determinando su número y campo de acción.

Para el caso del presente trabajo, la humedad del suelo no se puede considerar como limitante para la distribución de lombrices ya que hubo suficiente humedad durante el período de experimentación en la zona

Otro factor asociado a la diferencia que existe entre los tratamientos es la cantidad de luz, pues como lo menciona Martínez (1996), las lombrices son afectadas por la luz, por lo se desarrollan en lugares con obscuridad, esto debido a que la exposición a rayos ultravioleta las deseca ocasionándoles la muerte. Según Fraile (1989), mencionado por Esquivel (2002), el número de lombrices es mayor para parcelas con árboles (pastizales con *E. poeppigiana*) que para parcelas sin árboles. La explicación la establece en el hecho que bajo árboles de *E. poeppigiana*, el hábitat tiende a ser más "natural". De hecho, la mayor cantidad de lombrices observada por Fraile (1989) fue en vegetación en libre crecimiento (227 lombrices/m²), donde se encuentran malezas, arbustos y árboles de diferentes alturas.

Al comparar la cantidad de lombrices al inicio (95 lombrices/m²) y al final del período experimental (Figura 10), se nota un incremento en la población en todos los tratamientos, siendo superior en el T2 (315 lombrices/m²). Esta diferencia puede estar relacionada, al igual que para materia orgánica, con mayor producción de biomasa y por ende mejores condiciones de alimentación y un microclima (sombra y humedad) más propicio para el desarrollo y reproducción de las lombrices.

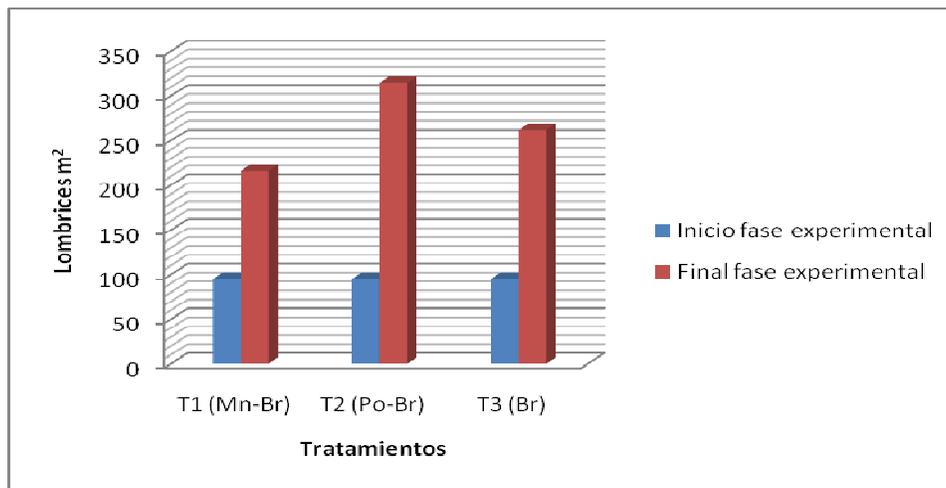


Figura 10. Población de lombrices en el suelo de un sistema silvopastoril. Zona Huetaar Norte, 2010.

5.3 Biomasa del componente Arbóreo.

En el componente arbóreo solo se midió la producción de biomasa en el poró ya que el madero negro no persistió en el sistema. En la figura 11, al frente se puede observar el pobre desarrollo del madero negro y al fondo el buen desarrollo del Poró.



Figura 11. Desarrollo del componente arbóreo madero negro y poró. Foto A. Camero, 2010

La producción promedio de biomasa para el Poró podado cada seis meses fue de 2724 kg MS ha⁻¹ año⁻¹.

En el caso del Madero Negro, la competencia con el pasto en asocio por espacio y luz fue muy evidente. El pasto logró igualar y posteriormente superar la altura de los rebrotes. En la mayoría de las parcelas sometidas a este tratamiento, no se lograba ver la especie arbórea en asocio.

Durante el periodo de establecimiento de las arbóreas se pudo observar un mayor y más rápido crecimiento del Poró respecto al Madero Negro. Esto influyó a que durante todo el período experimental los animales al pastorear tenían la posibilidad de alcanzar los rebrotes de Madero Negro, con lo cual se vio afectado su crecimiento y desarrollo. Si se considera que había ramoneo cada 30 días del Madero Negro, es de suponer que esta frecuencia de poda o consumo por los animales afecta grandemente el desarrollo de esta especie, con la consecuente menor cantidad de rebrotes y producción final de biomasa.

Romero *et al.* 1993 y Víquez *et al.* 1993 (citados por Camero 2000) señalan que para conseguir una producción alta y sostenida de biomasa en cercas vivas de Madero Negro lo más indicado es efectuar las podas cada 6 meses y que las podas pueden hacerse tan frecuentemente como cada 4 meses pero nunca menos porque se podría comprometer la sobrevivencia de los árboles (CATIE 1991). Estas evidencias se pueden relacionar con la menor persistencia de la especie Madero Negro en el sistema

establecido. En un experimento llevado a cabo por el proyecto Erythrina (CATIE, 1986), se reporta una producción de biomasa fresca en un kilómetro de cerca viva a los 9 meses de 3906 kg, con una densidad de siembra de 1m entre árbol (Estrada 2001).

5.4 Biomasa del componente pasto asociado.

5.4.1 Rendimiento de materia seca (kg MS corte⁻¹ y año⁻¹).

Según el análisis estadístico no se encontró diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) para los valores de kg de MS corte⁻¹ y año⁻¹ entre tratamientos. En el Cuadro 3 se muestran los valores promedio de la variable mencionada.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de materia seca.

Variable de respuesta	Tratamiento 1 (Mn-Br)	Tratamiento 2 (Po-Br)	Tratamiento 3 (Br)
Kg MS ha ⁻¹ corte ⁻¹	2816 a	2782 a	2785 a
Kg MS ha ⁻¹ año ⁻¹	33796 a	33392 a	33424 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Villareal (1998) se menciona que la *Brachiaria brizantha* CIAT 26110, muestra un rendimiento de 20.3 t MS ha⁻¹ año⁻¹ en Santa Rosa de Pocosol (San Carlos), sin embargo, el mismo autor indica que en la zona de Chiriquí, Panamá, donde se reportaron 4000 mm año⁻¹ de precipitaciones y a una altura de 240 msnm, éste mismo pasto obtuvo un rendimiento de 33 t MS ha⁻¹ año⁻¹. Indica además, que esta *Brachiaria* puede ofrecer un mayor potencial de producción de forraje para condiciones como las de la Región Huetar Norte.

Se podría pensar que el pasto al estar asociado con el poró se podría afectar en su desarrollo al estar bajo sombra y en competencia por nutrientes. Zelada (1996) menciona que la producción de forraje, algunas veces se ve reducida por efecto de la sombra, competencia por agua, luz y nutrientes. Para el caso de este estudio no se da esta situación ya que la producción de la gramínea fue igual para tratamientos con y sin árboles. Por lo tanto es válido suponer que la contribución en materia orgánica del suelo en el tratamiento con Poró asociado a la *Brachiaria* pudiera estar compensando el efecto de competencia mencionado por Zelada (1996).

5.4.2 Valor nutricional de la gramínea asociada

Según el análisis estadístico no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos para las variables nutricionales (FAD, FND y PC) en la biomasa forrajera de la gramínea asociada. En el Cuadro 4 se reportan los datos para

las variables nutricionales estudiadas. Las figuras 12, 13 y 14 muestran las tendencias de los valores reportados.

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos sobre el valor nutricional de la gramínea asociada.

Variable de respuesta	Tratamiento 1 (Mn-Br)	Tratamiento 2 (Po-Br)	Tratamiento 3 (Br)
% FDA	33.72a	33.68a	33.93a
% FDN	56.67a	55.81a	56.97a
% PC	10.23a	10.71a	10.51a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Según estudios realizados por Daccarett y Blydenstein, citados por Córdoba y Hernández (2001), manifiestan que pasturas creciendo bajo 50% de cobertura de Poró (*Erythrina berteroana*), Madero Negro (*Gliricidia sepium*) y otros árboles, presentan incrementos en cuanto a valor nutricional (más PC y menos contenido de fibra) que pasturas a cielo abierto.

La fibra ácido detergente el mejor predictor de la digestibilidad de un alimento. Está compuesta básicamente de celulosa, lignina y sílice además, su importancia radica en que está inversamente correlacionada con la digestibilidad del forraje. La lignina es un compuesto no glúcido de la pared celular que dificulta la accesibilidad de los microorganismos del rumen a la celulosa y la hemicelulosa, limitando la digestibilidad de esos componentes.

Los tratamientos Brachiaria asociada con Madero Negro y Brachiaria sola, presentaron un desarrollo muy similar, el Madero Negro no tuvo un crecimiento tan exponencial como el Poró, por lo tanto la sombra en este tratamiento era mínima. Al haber menor cantidad de sombra en estos dos tratamientos, la luz entró de forma más directa al pasto por lo que se podría afirmar que el pastizal fotosintetizó más en estos tratamientos que en el T2 donde la incidencia de la luz fue menor. El pasto al fotosintetizar de forma más rápida madura a una edad más temprana y por lo tanto los contenidos de lignina y celulosa aumentan, en base esto se podría decir que el comportamiento de la FDN en estos tratamientos se debe al factor luz.

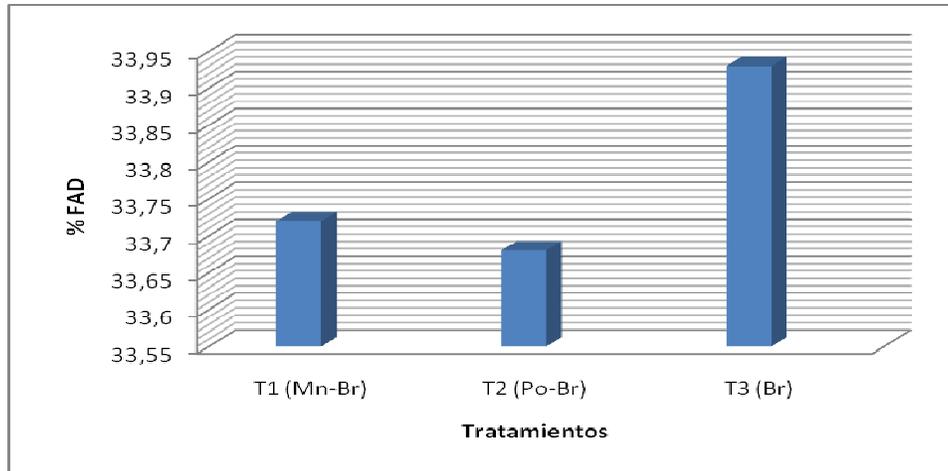


Figura 12. Contenido de Fibra Ácido Detergente por tratamiento en un sistema silvopastoril. Zona Huetar Norte, 2010.

El comportamiento de cada uno de los tratamientos para FND fue el mismo que el que mostraron para el contenido de FAD, y ese comportamiento se podría deber al mismo factor, al haber más luz el pasto madura más rápido y por lo tanto la pared celular del pasto se engrosa, aumentando así el contenido de FND.

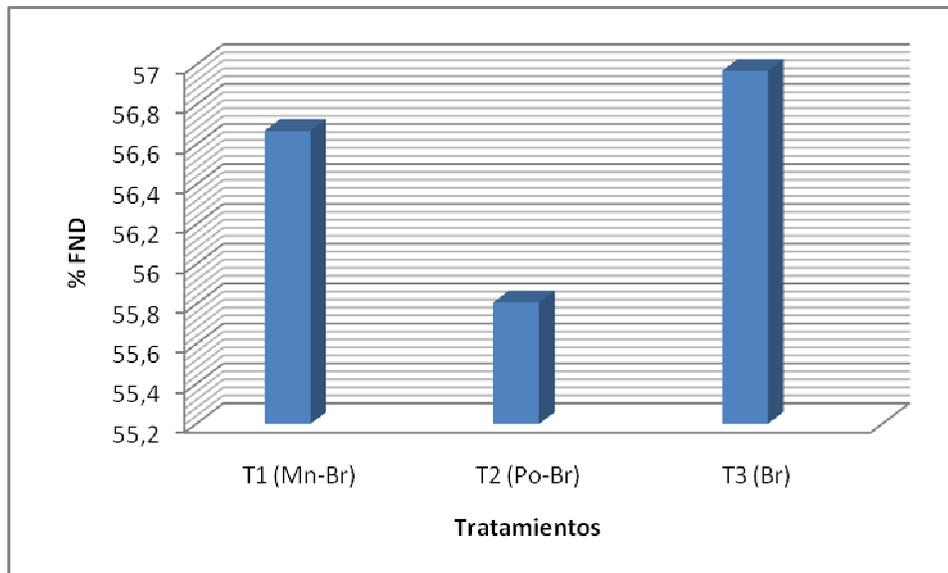


Figura 13. Contenido de fibra neutro detergente por tratamiento en un sistema silvopastoril. Zona Huetar Norte, 2010.

Respecto a los valores de PC, el T2 fue el que mostró mayor contenido, seguido del T3 y posteriormente el T1. El comportamiento de esta variable ayuda a confirmar las afirmaciones hechas tanto para el contenido de FDA y FDN, pues en pastos jóvenes los contenidos de PC son mayores que para pastos más viejos. Como se recuerda el tratamiento que se mostró menor contenido de FDN y de FDA fue el T2, siendo este mismo tratamiento el que mayor contenido de PC mostró.

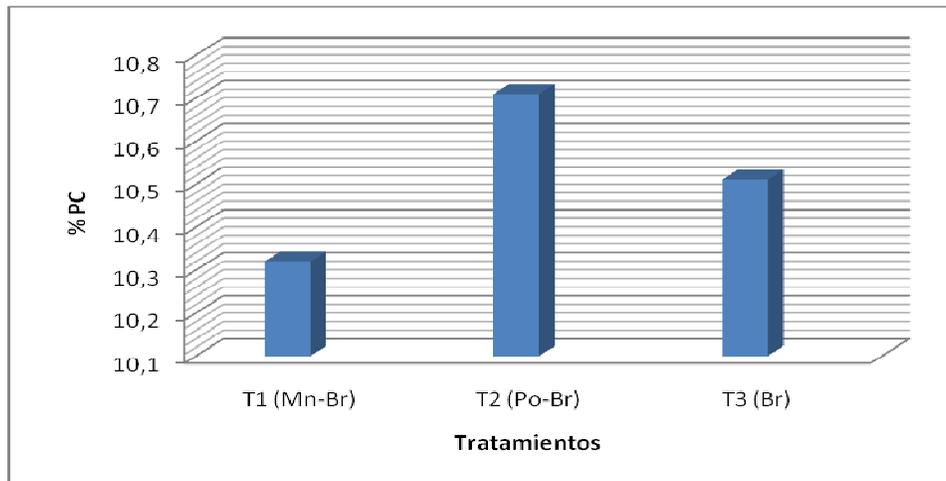


Figura 14. Contenido de Proteína Cruda por tratamiento en un sistema silvopastoril. Zona Huetar Norte, 2010.

En una evaluación hecha por el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, se determinó que la *Brachiaria brizantha* CV Toledo, alcanza concentraciones de PC en sus hojas de un 10% a una edad de 30 días. Los valores reportados se ajustan a lo reportado por esta investigación, tomando en cuenta que los muestreos se hicieron cada mes.

5.5. Rendimiento total de biomasa ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) del sistema.

El rendimiento ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) total del sistema está dado por la sumatoria del rendimiento de la gramínea asociada y el componente arbóreo. Para este caso se encontró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. En el cuadro 5 se reportan los valores para la producción total de MS para cada tratamiento.

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento total de biomasa ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) del sistema.

Variable de respuesta	Tratamiento 1 (Mn-Br)	Tratamiento 2 (Po-Br)	Tratamiento 3 (Br)
$\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$	33796 b	36116 a	33424 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Como ya se menciono el Madero negro no pudo desarrollarse y al final fue alcanzado y superado por el pasto en asocio, no sucediendo lo mismo con el Poró. Debido a esto se puede apreciar como el T2 es el que mayor rendimiento total de biomasa reporta.

En estudios realizados por Mahecha *et al* 1997 reportan al igual que en este trabajo, que las producciones totales de biomasa se dan en aquel sistema que integra el componente arbóreo en comparación al monocultivo de gramínea forrajera. Así, lograron producciones totales de forraje (MS) de 39.3 t ha⁻¹ año⁻¹ en el sistema pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) + *leucaena* (*Leucaena leucocephala*) + algarrobo (*Ceratonia silicua*); 38.9 en el sistema pasto estrella + algarrobo y 23,2 t ha⁻¹ año⁻¹ en el monocultivo de gramínea. Esta mayor producción de biomasa de los sistemas silvopastoriles respecto al monocultivo se atribuye a un mayor aprovechamiento del espacio vertical, tanto aéreo como subterráneo que supone una mayor captación de nutrientes y energía (Benavides, 1995); en este caso, el algarrobo aporta legumbres, la leucaena en un segundo estrato aporta forraje al igual que la gramínea en el primer estrato.

6. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo de puede llegar a las siguientes conclusiones:

- 1- No se encontraron diferencias significativas para los valores de pH pero si para el contenido de materia orgánica en el suelo entre tratamientos.
- 2- Se encontraron diferencias significativas para los valores que reportan la cantidad de lombrices en el suelo entre tratamientos, siendo el tratamiento 2 (Poró-Brachiaria) quien presentó una tendencia superior.
- 3- Con respecto a la producción de materia seca de la especie forrajera, no se encontró diferencias entre tratamientos ni por corte ni por año, siendo la producción estadísticamente igual en cualquiera de los sistemas estudiados.
- 4- En lo que respecta a valor nutricional del componente forrajero Brachiaria, no se encontró diferencias significativas entre tratamientos. Los contenidos de fibra ácido detergente (FDA) como los contenidos de fibra neutro detergente (FDN), el tratamiento 3 (Brachiaria en monocultivo) fue el que presentó los mayores valores respecto a los otros dos tratamientos. Para el contenido de proteína, el tratamiento 2 (Poró-Brachiaria) presentó una tendencia a mejorar los demás tratamientos.
- 5- El establecimiento, persistencia y producción del Poró respecto a la arbórea Madero Negro fue muy superior.

- 6- Se encontraron diferencias en la biomasa total producida en el sistema silvopastoril donde se asoció Poró con *Brachiaria*, siendo ésta superior a los otros sistemas o tratamientos estudiados.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, I.; Parker, C.A. 1980. The occurrence of earthworms in the wheat-belt of Western Australia in relation to land use and rainfall. *Australian Journal of Soil Research* 18(3): 343-352.
- Benavides, J. 1995. Árboles y arbustos forrajeros en América Central". Vol. II. Serie técnica, Informe técnico No. 236. Turrialba, C.R. CATIE.
- Botero, R., Russo, R. 1998. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Disponible en <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/agrofor1/Botero8.txt>
- Camero, A. 1991. Evaluación del Poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) y Madero Negro (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) como suplementos proteicos para vacas lecheras alimentadas con heno de jaragua (*Hyparrhenia rufa*). Tesis, Mag. Sc, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba (Costa Rica). 91 p. Año 1991. Editorial Turrialba, CATIE, CR.
- Camero, A.; Ibrahim, M.; Jair, A.; Camargo, J; 2000. Agroforestería y Sistemas de Producción Animal en Centroamérica. Intensificación de la Ganadería de Centroamérica: Beneficios Económicos y Ambientales. CATIE, FAO, SIDE. p. 177-198.
- CATIE 1991. Las cercas vivas de Madero Negro y Poró. Serie técnica 65. Turrialba, Costa Rica. 25 p.
- COMBE, J., BUDOWSKI, G. 1979. Classification of agroforestry techniques: a literature review. In: G. de las Salas (ed.). Workshop Agrofor. Systems Latin Amer. Turrialba, Costa Rica. UNU/CATIE: pp 17-47
- Córdoba, E y Hernández, S. 2001. Competencia por luz en sistemas silvopastoriles (en línea). *Ecofronteras* no. 18. Consultado 26 nov. 2008. Disponible en <http://www.ecosur.mx/ecofronteras/ecofrontera/ecofront18/pdf/silvopastoril.pdf>
- De las Salas, G. 1987. Suelos y Ecosistemas Forestales. IICA. San José, Costa Rica. p. 127.
- Edwards, C.A.; Lofty, J.R. 1980. Effects of earthworm inoculation upon the root growth of direct drilled cereals. *Journal of Applied Ecology*. 17(3): 533-543
- Esquivel, J. 2002. Comparación de Poró (*Erythrina berteriana*) y Madero Negro (*Gliricidia sepium*) en un Sistema Silvopastoril con *Brachiaria brizantha*, con una Asociación de *Brachiaria brizantha* y *Arachis pintoii*. II. Actividad Microbiana y Distribución Espacial de Lombrices. Atenas, Costa Rica.

- Estrada, J. 2001. Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano (en línea). Manizales, Colombia. Consultado el 18 oct. 2010. Disponible en http://books.google.co.cr/books?id=qhbLgdouyJkC&pg=PA463&lpg=PA463&dq=Erythrina+berteroana+produccion+de+biomasa&source=bl&ots=EAKUkPq8Pk&sig=pTsmGDQmAOOoVqpvFOJWxVsH-A&hl=s&ei=Efy8TPDrOMO88gazqYiCAg&sa=X&oi=book_result&resnum=4&ved=0CCcQ6AEwAw#v=onepage&q&f=false
- Fragoso, C.; Lavelle, P. 1992. Earthworm communities of tropical rain forests. *Soil Biology and Biochemistry*. 21(12): 1397-1408.
- Fraile, J. 1989. Población de lombrices de tierra (Oligochaeta: Annelidae) en na pastura de *Cynodon plectosachyus* (Pasto estrella) asociado con árboles de *Erythrina poeppigiana* (Poró), una pastura asociada con árboles de *Cordia alliodora* (Laurel), una pastura sin árboles y vegetación a libre crecimiento, en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 236 p.
- Gil, L; Espinoza, Y; Obispo, N. Setiembre-Diciembre 2005. Relaciones Suelo-Planta-Animal en Sistemas Silvopastoriles (en línea). CENIAP (Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Venezuela) no.9. Consultado 9 nov. 2008. Disponible en http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n9/arti/gil_l/arti/gil_l.htm
- Gilot, C. 1997. Effects of a tropical geophageous earthworm, *M. anomala* (Magascolecidae), on soil characteristics and production of a Yam crop in Ivory Coast. *Soil Biology and Biochemistry*. 29(3/4): 353-359.
- Hogares Juveniles Campesinos. 2005. Manual Cría de la Lombriz de Tierra: Una alternativa Ecológica y Rentable (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado el 15 oct. 2010. Disponible en <http://books.google.co.cr/books0el%20comportamiento%20de%20las%20lombrices%20de%20tierra&f=false>
- Ibrahim, M.; Camero, A.; Camargo, JC.; Andrade, HJ. 1998. Sistemas Silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE (en línea). Turrialba, CR. CATIE. Consultado 24 nov. 2008. Disponible en <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/lbrahimM.htm>
- Jiménez, F.; Muschler, R.; Köpsell, E. 2001. Módulo de enseñanza agroforestal: Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Turrialba, CR. CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR) 187 p.
- Labrador, J. 1996. La materia Orgánica en los Agroecosistemas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 174 p.
- Ladd, J.N.; Amato, M.; Zhou Li-Kai; Shultz, J.E. 1994. Differential effects of rotation, plant residue an nitrogen fertilizer on microbial biomass and organic matter in an Australian alfisol. *Soil Biology and Biochemistry* (G.B) 26(7):821-831 p.
- Lascano C; Perez R; Plazas C; Medrano J; Perez O; Argel P. 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110) Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. Villavicencio, Imágenes Gráficas S.A. Consultado 03 set. 2010. Disponible en http://webapp.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/Brachiaria_brizantha_CV_toledo.pdf
- Liberos, H; Benavides, J; Kass, D; Pezo, D. 1994. Productividad de una plantación asociada a Poró (*Erythrina poeppigiana*) y King grass (*Pennisetum purpureum* x

P. typhoides). I. Efecto de la adición de follaje al suelo sobre la producción y calidad de la biomasa. In. Benavides, J. Árboles y Arbustivos Forrajeros en América Central. Turrialba, CR. CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR) p. 453-473.

- Mahecha, L; Rosales, M; Molina, C.H; Molina, E.J. 1997. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala-Cynodon plectostachyus-Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia. *Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica"*. Consultado el 15 de febrero del 2011 en : <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/frg/AGROFOR1/Mahech20.htm>
- Martínez, C. 1996. Potencial de la Lombricultura: Factores que influyen en el comportamiento de las lombrices; Influencia de la lombriz de tierra en el suelo. Ed. A Carballo; S Bravo. México, Casa editorial. 140 p. es un copyright.
- Monge J; Russ R. 2009. Agroforestería, Sostenibilidad y Biodiversidad: Una necesidad para Conservación. (en línea). Limón, EARTH. Consultado 05 ago. 2009. Disponible en <http://www.scribd.com/doc/21970378/Agroforesteria-y-biodiversidad>
- Navas, A. 2007. Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles (en línea). ACOVEZ no. 16. Consultado 25 nov. 2008. Disponible en http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/85-sistemas.pdf
- NAIR, P.K.R. 1985. Classification of agroforestry systems. Working paper no. 28. Nairobi, Kenya. ICRAF. 52p.
- NAIR, P.K.R. 1989. Classification of agroforestry systems. In: P.K.R. Nair (ed.). *Agroforestry systems in the tropics*. Dordrecht, The Netherland. Kluwer Academic Press/ICRAF. pp 39-52
- Otarola, A. 1994. Cercas vivas de Madero Negro: una técnica agroforestal promisoría para el Pacífico seco de Nicaragua (en línea). Turrialba, CATIE. Consultado 12 oct. 2009. Disponible en <http://books.google.com/books?id=dMOOAYiq7QgC&pg=PA13&lpg=PA13&dq=Madero+Negro+generalidades&source=bl&ots=UGlu63dEqD&sig=q0dDX18ZbKjHj9cUIN6R6gJ4GyQ&hl=ge&q&f=false>
- Porta, J.; Lopez Acevedo, M. y Roquero, C. 1994. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ed. Mundi-Prensa, pp. 167-202.
- Remy, J. C. y Marin-LaFleche. 1974. L'analyse de terre: réalisation d'un programme d'interprétation automatique. *Ann. Agron.* 25 (4), pp.607-632.
- Sánchez, P.A.; Salinas, J.S. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical america. *Advances in Agronomy* 34: 279-398.
- Serrao, E.A.S. 1991. Sustainability of pastures replacing forests in the Latin America humid tropics: The Brazilian Experience. Paper presented at the DESFIL humid tropical lowlands conference held in Panamá City, June 17-21. 26 p.

- Tian, G.; Kang, B.T.; L. Brussard, L. 1997. Effect of mulch quality on earthworm activity and nutrient supply in the humid tropics. *Soil Biology and Biochemistry*. 29(3/4): 369-373.
- Umaña, C. 1996. Mineralización de la materia orgánica del suelo bajo tres ecosistemas del trópico húmedo en Costa Rica. Tesis Lic. en Ingeniería Agronómica con énfasis en Fitotecnia. C.R., UCR. 74 p.
- USDA (Departamento de Agricultura, US). Servicio Forestal. Estación de las Montañas Rocosas. Noviembre, 1997. Notas de Agroforestería. (en línea). Consultado 10 nov. 2008. Disponible en <http://www.unl.edu/nac/agroforestrynotes/an08s01-e.pdf>
- Villareal, M. 1998. Alternativas forrajeras para el mejoramiento de los sistemas de producción ganadera. ITCR Sede San Carlos-CONCIT. Alajuela.
- Zelada, E.E. 1996. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 88p.

8. ANEXOS.

Anexo 1. Resultado de análisis de suelo 1.

IDENT.		cmol(+)/l					mg/l					DESCRIPCIÓN
# LAB.	#CAMPO	pH	AL	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	
1309	1	5,9	0,15	4,0	1,1	0,10	3	1,7	5	6	45	ITCR
1310	2	5,8	0,15	4,1	1,2	0,10	4	1,7	4	6	38	II
1310	3	5,9	0,20	4,6	1,4	0,26	3	2,1	5	6	27	II
1312	4	5,8	0,20	4,1	1,2	0,26	3	2,8	4	8	33	II
1313	5	5,7	0,15	6,5	2,6	0,33	4	8,0	3	17	66	II
1314	6	6,0	0,20	7,9	3,3	0,27	3	5,5	3	13	44	II
Texturas												
		Arena	Arcilla	Limo		Text.		%m.o				ppm-S ppm-B
		42,00	22,0	36,0		F		0,82				11,8 0,3
		44,00	20,0	36,0		F		0,82				10,6 0,2
		40,00	18,0	42,0		F		0,82				9,8 0,3
		42,00	20,0	38,0		F		0,52				11,4 0,3
		48,00	28,0	26,0		FA a		0,36				10,9 0,1
		50,00	28,0	22,0		FA a		0,36				11,6 0,2

Anexo 2. Resultado de análisis de suelo 2.



Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

Laboratorio de Suelos
Tel-Fax: 291-5236
e-mail: iabsuelosmag@yahoo.com

FECHA:
16/09/10

FAX: Herbert Villalobos
FAX: 8720-3566 2240-7765

IDENT.		cmol(+)/l					mg/l						
# LAB.	N.Camp	pH	AL	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	M.O.	ppm-B
1603	1p-15	5,4	0,25	4,4	1,2	0,60	10	2,5	62	6	119	1,80	0,3
1604	2p-30	5,7	0,20	3,8	0,8	0,26	6	1,4	22	4	40	1,35	0,2
1605	3B-15	5,3	0,25	3,2	0,9	0,38	10	2,2	61	7	129	1,50	0,3
1606	4B30	5,3	0,25	3,6	0,8	0,15	3	1,0	22	3	31	1,21	0,2
1607	5M15	5,3	0,30	3,3	1,0	0,48	11	2,4	59	7	139	1,50	0,2
1608	6M-30	5,7	0,20	3,2	0,8	0,17	5	1,0	21	3	40	1,21	0,3
1609	7M	5,3	0,30	2,8	0,8	0,38	15	2,1	52	7	120	1,25	0,2
1610	8P	5,6	0,20	4,2	1,0	0,34	6	1,7	30	4	63	1,70	0,3
1611	9B	5,5	0,25	3,3	0,9	0,26	6	1,9	37	6	83	1,25	0,3

Anexo 3. Análisis de varianza para las variables estudiadas

PROD FORRAJE EN SISTEMA SILVOPASTORIL
The Mixed Procedure

Model Information

Data Set
 Dependent Variable **PRODMSG_CORTE**
 Covariance Structure Diagonal
 Estimation Method REML
 Residual Variance Method Profile
 Fixed Effects SE Method Model-Based
 Degrees of Freedom Method Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	3	1 2 3
REP	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	4
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	9
Observations Used	9
Observations Not Used	0
Total Observations	9

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
Residual	4522.33

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	70.8
AIC (smaller is better)	72.8
AICC (smaller is better)	73.8
BIC (smaller is better)	72.6

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRT	2	6	0.23	0.7995

Least Squares Means

Effect	TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	2816.33	38.8258	6	72.54	<.0001
TRT	2	2782.67	38.8258	6	71.67	<.0001
TRT	3	2785.33	38.8258	6	71.74	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TRT	_TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	2	33.6667	54.9080	6	0.61	0.5623
TRT	1	3	31.0000	54.9080	6	0.56	0.5928
TRT	2	3	-2.6667	54.9080	6	-0.05	0.9628

PROD FORRAJE EN SISTEMA SILVOPASTORIL

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set

Dependent Variable	PRODMSG_YR
Covariance Structure	Diagonal
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	3	1 2 3
REP	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	4
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	9
Observations Used	9
Observations Not Used	0
Total Observations	9

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
Residual	651216

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	100.6
AIC (smaller is better)	102.6
AICC (smaller is better)	103.6
BIC (smaller is better)	102.4

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRT	2	6	0.23	0.7995

Least Squares Means

Effect	TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	33796	465.91	6	72.54	<.0001
TRT	2	33392	465.91	6	71.67	<.0001
TRT	3	33424	465.91	6	71.74	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TRT	_TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	2	404.00	658.90	6	0.61	0.5623
TRT	1	3	372.00	658.90	6	0.56	0.5928
TRT	2	3	-32.0000	658.90	6	-0.05	0.9628

PROD FORRAJE EN SISTEMA SILVOPASTORIL

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set

Dependent Variable **LOMBRI**
 Covariance Structure Diagonal
 Estimation Method REML
 Residual Variance Method Profile
 Fixed Effects SE Method Model-Based
 Degrees of Freedom Method Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	3	1 2 3
REP	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	4
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	9
Observations Used	9
Observations Not Used	0
Total Observations	9

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
Residual	1458.22

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	64.0
AIC (smaller is better)	66.0
AICC (smaller is better)	67.0
BIC (smaller is better)	65.8

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRT	2	6	5.04	0.0519

Least Squares Means

Effect	TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	215.67	22.0471	6	9.78	<.0001
TRT	2	314.67	22.0471	6	14.27	<.0001
TRT	3	263.00	22.0471	6	11.93	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TRT	_TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	2	-99.0000	31.1793	6	-3.18	0.0192
TRT	1	3	-47.3333	31.1793	6	-1.52	0.1798
TRT	2	3	51.6667	31.1793	6	1.66	0.1486

PROD FORRAJE EN SISTEMA SILVOPASTORIL

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set

Dependent Variable **MO**
 Covariance Structure Diagonal
 Estimation Method REML
 Residual Variance Method Profile
 Fixed Effects SE Method Model-Based
 Degrees of Freedom Method Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	3	1 2 3
REP	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	4
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	9
Observations Used	9
Observations Not Used	0
Total Observations	9

Covariance Parameter
Estimates

Cov Parm Estimate

Residual 0.001111

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	-20.5
AIC (smaller is better)	-18.5
AICC (smaller is better)	-17.5
BIC (smaller is better)	-18.7

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRT	2	6	211.00	<.0001

Least Squares Means

Effect	TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	1.2333	0.01925	6	64.09	<.0001
TRT	2	1.7000	0.01925	6	88.33	<.0001
TRT	3	1.2000	0.01925	6	62.35	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TRT	_TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	2	-0.4667	0.02722	6	-17.15	<.0001
TRT	1	3	0.03333	0.02722	6	1.22	0.2666
TRT	2	3	0.5000	0.02722	6	18.37	<.0001

PROD FORRAJE EN SISTEMA SILVOPASTORIL

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set

Dependent Variable	PH
Covariance Structure	Diagonal
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	3	1 2 3
REP	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	4
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	9
Observations Used	9
Observations Not Used	0

Total Observations 9

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm Estimate
Residual 0.007778

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood -8.8
AIC (smaller is better) -6.8
AICC (smaller is better) -5.8
BIC (smaller is better) -7.0

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRT	2	6	1.00	0.4219

Least Squares Means

Effect	TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	5.5333	0.05092	6	108.67	<.0001
TRT	2	5.5000	0.05092	6	108.02	<.0001
TRT	3	5.6000	0.05092	6	109.98	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TRT	_TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	2	0.03333	0.07201	6	0.46	0.6597
TRT	1	3	-0.06667	0.07201	6	-0.93	0.3903
TRT	2	3	-0.1000	0.07201	6	-1.39	0.2143

PROD FORRAJE EN SISTEMA SILVOPASTORIL

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set

Dependent Variable **PC**
Covariance Structure Diagonal
Estimation Method REML
Residual Variance Method Profile
Fixed Effects SE Method Model-Based
Degrees of Freedom Method Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	3	1 2 3
REP	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	4
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	9
Observations Used	9
Observations Not Used	0
Total Observations	9

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
Residual	0.09000

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	5.9
AIC (smaller is better)	7.9
AICC (smaller is better)	8.9
BIC (smaller is better)	7.7

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRT	2	6	2.23	0.1882

Least Squares Means

Effect	TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	10.2333	0.1732	6	59.08	<.0001
TRT	2	10.7333	0.1732	6	61.97	<.0001
TRT	3	10.3667	0.1732	6	59.85	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TRT	_TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	2	-0.5000	0.2449	6	-2.04	0.0873
TRT	1	3	-0.1333	0.2449	6	-0.54	0.6058
TRT	2	3	0.3667	0.2449	6	1.50	0.1851

PROD FORRAJE EN SISTEMA SILVOPASTORIL

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set

Dependent Variable	FAD
Covariance Structure	Diagonal
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	3	1 2 3
REP	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	4
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	9
Observations Used	9
Observations Not Used	0
Total Observations	9

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
Residual	0.09333

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	6.1
AIC (smaller is better)	8.1
AICC (smaller is better)	9.1
BIC (smaller is better)	7.9

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRT	2	6	0.87	0.4662

Least Squares Means

Effect	TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	33.6333	0.1764	6	190.68	<.0001
TRT	2	33.6667	0.1764	6	190.87	<.0001
TRT	3	33.9333	0.1764	6	192.38	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TRT	_TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	2	-0.03333	0.2494	6	-0.13	0.8981
TRT	1	3	-0.3000	0.2494	6	-1.20	0.2744
TRT	2	3	-0.2667	0.2494	6	-1.07	0.3262

PROD FORRAJE EN SISTEMA SILVOPASTORIL

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	
Dependent Variable	FND
Covariance Structure	Diagonal
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile

Fixed Effects SE Method Model-Based
 Degrees of Freedom Method Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	3	1 2 3
REP	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	4
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	9
Observations Used	9
Observations Not Used	0
Total Observations	9

Covariance Parameter Estimates
 Cov Parm Estimate

Residual 0.6889

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	18.1
AIC (smaller is better)	20.1
AICC (smaller is better)	21.1
BIC (smaller is better)	19.9

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRT	2	6	2.07	0.2077

Least Squares Means
 Standard

Effect	TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	56.6000	0.4792	6	118.11	<.0001
TRT	2	55.7667	0.4792	6	116.38	<.0001
TRT	3	57.1333	0.4792	6	119.23	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TRT	_TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	2	0.8333	0.6777	6	1.23	0.2648
TRT	1	3	-0.5333	0.6777	6	-0.79	0.4612
TRT	2	3	-1.3667	0.6777	6	-2.02	0.0903

PROD FORRAJE EN SISTEMA SILVOPASTORIL

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	
Dependent Variable	PRODMSTOT_YR
Covariance Structure	Diagonal
Estimation Method	REML

Residual Variance Method Profile
 Fixed Effects SE Method Model-Based
 Degrees of Freedom Method Residual

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRT	3	1 2 3
REP	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	1
Columns in X	4
Columns in Z	0
Subjects	1
Max Obs Per Subject	9
Observations Used	9
Observations Not Used	0
Total Observations	9

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
Residual	654137

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	100.7
AIC (smaller is better)	102.7
AICC (smaller is better)	103.7
BIC (smaller is better)	102.5

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRT	2	6	9.76	0.0130

Least Squares Means

Effect	TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	33796	466.95	6	72.38	<.0001
TRT	2	36116	466.95	6	77.34	<.0001
TRT	3	33424	466.95	6	71.58	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TRT	_TRT	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
TRT	1	2	-2320.33	660.37	6	-3.51	0.0126
TRT	1	3	372.00	660.37	6	0.56	0.5936
TRT	2	3	2692.33	660.37	6	4.08	0.0