

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACIÓN DE COMPORTAMIENTO DE OCHO GRAMÍNEAS FORRAJERAS  
ASOCIADAS CON PORO (*Erythrina poeppigiana*) Y SOLAS

**Magister Scientiae**

Por

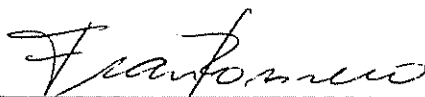
JULIO BUSTAMANTE

Turrialba, Costa Rica  
1991

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

COMITE ASESOR:



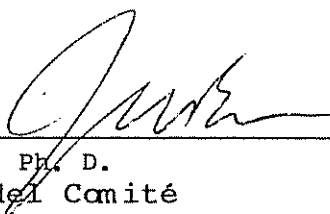
---

Francisco Romero, Ph. D.  
Profesor Consejero



---

Danilo Pezo, Ph. D.  
Miembro del Comité



---

John Beer, Ph. D.  
Miembro del Comité

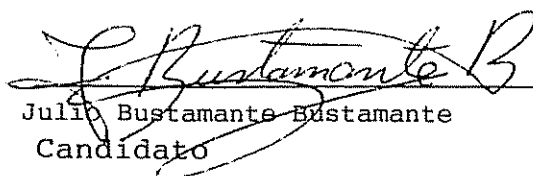
---

Miembro del Comité



---

Assefaw Tewolde, Ph. D.  
Jefe, Areas de Postgrado



---

Julio Bustamante Bustamante  
Candidato

**DEDICATORIA**

A mi esposa NILSA

A nuestros hijos      NIL  
                                 AIDA  
                                 STEVEN.

A mi madre AIDA  
y mi padre JOSE

A todos mis hermanos.

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento sincero a las siguiente personas e instituciones:

Al estudiante doctoral Muhammad Ibrahim por su amistad sincera, atinados consejos agronómicos y por su apoyo incondicional en todo sentido, el cual culminó con la presentación de este documento.

Al Dr. Francisco Romero, Profesor Consejero Principal, por las enseñanzas compartidas, consejos atinados, y ayuda en la revisión del documento, sin la cual, no hubiera sido posible terminar con éxito mis estudios.

Al Dr. Danilo Fezo Quevedo, Profesor Consejero Auxiliar, Coordinador del AGT, por sus consejos y conocimientos impartidos, por su amistad sincera, calidad humana y principios éticos ejemplares.

Al estudiante doctoral John Beer, investigador del Proyecto GTZ, por su apoyo logístico: oportuno y ágil, por sus consejos atinados, amistad.

Al Dr. Bonnemann, Coordinador del Proyecto GTZ-CATIE, por su amistad, ayuda incondicional en todo momento, ágil y desinteresada, sin la cual no hubiera podido desarrollar ni terminar este trabajo.

A los profesores Drs. Taylor, Morales, Tewolde y Kass, por su esmero y calidad de conocimientos impartidos.

A Jorge Alvarez, técnico de campo GTZ, por su amistad y ayuda invaluable, en todo momento.

Al personal del Laboratorio de AGT, en las personas: Lic. Gerardo Rodríguez, Jefe del Lab-AGT, Frank López, Sircey Ramírez por su cooperación en los análisis de laboratorio.

Al personal del centro de cómputo en especial a Gustavo López, Dr. Pedro Ferreira, Johnny Pérez, Rita Aguilar, Josefina Hernández, Alba Buitrago, Juan Hidalgo y Ramón Alvarado por su ayuda invaluable, amistad y colaboración.

Al personal del departamento de producción Animal: Lorena Pereira por su amistad sincera, a Marlene Moya, Rosemary Garro y Carlitos Aguirre.

A mi compañeros Segundo Marín, Francisco Barroso, José Calzada, y Oscar Duarte por su compañerismo y amistad.

Al personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton, en especial a Laura Coto y Rigoberto Aguilar: Jefe y Subjefe, a Lisseth Brenes, Cesia Rojas, Norma Buitrago, Fabio Monge, Jesús Jiménez, Nidia García, Ady Mora, Bixa Salazar, Marta Abarca y Sulay Fumero, por su prestancia amistad y gentileza en el desempeño del trabajo.

A todos los trabajadores del Proyecto GTZ por su ayuda y amistad.

Al Administrador de la Montaña Ing. Arnoldo Barrantes y trabajadores especialmente a don Miguel, Manuel y Martín, por su ayuda invaluable, amistad y estima.

## BIBLIOGRAFIA

El autor nació en San José, Costa Rica, el 12 de abril de 1956. Cursó sus estudios universitarios en el Centro Agronómico "Dr Petru Groza" Cluj - Rumanía, Europa. Egresó de la misma en Setiembre de 1980 y se graduó como Ing. Zootecnista. En 1980 ingresó en la Dirección Forestal en el proyecto "Plan de manejo de la Cuenca del Río Parrita", encargado de la parte pecuaria, desarrollo de implementación de sistemas agroforestales y silvopastoriles, y contraparte del Dr. Rafael de Lucía, Experto FAO., hasta 1986.

Finalizado este proyecto se encargó del Fideicomiso 178 (DGF-BNCR), el cual financiaba aquellas actividades recomendadas en el Plan de Manejo por un monto de \$250,000.00 hasta 1989. Durante este período, recibió capacitación en sistemas agroforestales (Curso CATIE-JICA, 1988); en sistemas silvopastoriles (Curso CATIE-CIID, 1988).

En setiembre de 1989 ingresó al Programa de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Realizó su investigación de tesis en Sistemas Silvopastoriles en el CATIE, Turrialba y se graduó de **Master Scientiae** en octubre de 1991.

## INDICE

RESUMEN.

SUMMARY.

LISTA DE CUADROS.

LISTA DE FIGURAS.

1. INTRODUCCION.

2. REVISION DE LITERATURA.

2.1. Asocio de árboles con pasto.

2.2. Material biológico en estudio.

2.2.1. Componente arbóreo.

2.3. El ecosistema silvopastoril.

2.3.1. Estructura.

2.4. Interacción en los SSP.

2.4.1. Interacciones benéficas (+).

2.4.2. Interacciones negativas (-).

2.5. Principales efectos de los árboles en el suelo, la pastura y los animales.

2.5.1. Relación árbol-suelo.

2.5.2. Relación árbol-pasto.

2.5.2.1. Sombra.

2.5.2.2. Agua.



- 2.5.3. Relación árbol-animal.
  - 2.5.3.1 Efecto de la sombra en el ganado.
- 2.6. **Erythrina poeppigiana.**
  - 2.6.1. Características generales.
  - 2.6.2. Utilización.
  - 2.6.3. Producción.
- 2.7. Características generales del género *Brachiaria*.
  - 2.7.1. ***Brachiaria humidicola* (CIAT 6369).**
    - 2.7.1.1. Origen y distribución.
    - 2.7.1.2. Producción.
    - 2.7.1.3. Valor nutritivo.
  - 2.7.2. ***Brachiaria dictyoneura* (CIAT 6133).**
    - 2.7.2.1. Producción.
    - 2.7.2.2. Valor nutritivo.
  - 2.7.3. ***Brachiaria brizantha* (CIAT 6780 y CIAT 664).**
    - 2.7.3.1. Producción.
  - 2.7.4. Elefante enano.
    - 2.7.4.1. Contenido de materia seca.
    - 2.7.4.2. Valor nutritivo (PC, DIVMS).
  - 2.7.5. Género *Panicum*.
    - 2.7.5.1. Origen y características generales.
    - 2.7.5.2. Producción.
    - 2.7.5.3. Valor nutritivo.
  - 2.7.6. ***Cynodon nlemfuensis*.**
    - 2.7.6.1. Características generales.

2.7.6.2. Producción.

2.7.6.3. Valor nutritivo (PC, DIVMS).

2.8. Plagas y enfermedades.

2.8.1. Salivazo.

2.8.2. Joboto (*Phylophaga menitriesi*).

2.8.3. Hongos.

### 3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Area de estudio.

3.1.1. Localización.

3.1.2. Clima.

3.1.3. Suelos.

3.2 Antecedentes del experimento.

3.3. Modificaciones en las parcelas existentes.

3.3.1. Preparación del terreno.

3.3.2. Tratamientos (Var independientes).

3.3.3. Manejo de las gramíneas y poró.

3.3.4. Diseño experimental.

3.3.4.1. Diseño de campo y tratamientos

3.3.4.2. Modelo matemático.

3.4 Descripción de la unidad experimental.

3.4.1. Características del suelo.

3.5. Variables morfológicas.

3.5.1. Cobertura.

3.5.2. Area foliar.

3.5.3. Altura de las plantas.

3.5.4. Relación hoja: tallo (H:T).

- 3.5.5. Número de rebrotes/área.
- 3.5.6. Diámetro basal.
- 3.5.7. Puntos de enraizamiento.
- 3.6. Luz.
  - 3.6.1. Luz fotosintéticamente activa.
- 3.7. Producción de Materia Seca (MS).
- 3.8. Calidad de las pasturas (FC, DIVMS).
- 3.9. Mediciones realizadas en el poró.
  - 3.9.1. Medición de la copa del poró.
  - 3.9.2. Producción de biomasa del poró.
- 3.10. Malezas.
  - 3.10.1. Densidad de malezas.

## LISTA DE CUADROS.

Cuadro #

1.	Producción anual de materia seca de <i>E. poeppigiana</i> podada a diferentes frecuencias en una plantación de café en Costa Rica (Russo, 1984).	9
2.	Materia seca total de nódulos de poró y su aporte en elementos minerales (Russo, 1984).	13
3.	Ciclaje de nutrimentos, producción forrajera y calidad para tres sistemas de pastura/árboles (Bronstein, 1984).	16
4.	Meses de muestreo para materia seca y podas del poró (Mayo 1990 - Julio 1991)	59
5.	Análisis químico de los suelos (0-15 cm) de las parcelas asociadas con poró y solas.	63
6.	Cobertura promedio (%) y diferencias de ocho gramíneas forrajeras según tratamiento.	67
7.	Índice de Área foliar según especie y tratamiento (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	70
8.	Altura promedio de ocho gramíneas según tratamiento (cm).	77
9.	Relación hoja:tallo promedio de ocho gramíneas según hábito de crecimiento y tratamiento (g/g MS).	78
10.	Comparación del diámetro basal inicial (I) y final (F) de cuatro gramíneas forrajeras según tratamiento y ubicación de las plantas (cm).	84
11.	Diámetro basal promedio inicial (I) y final (F) promedio de cuatro gramíneas según tratamientos.	85
12.	Densidad de puntos de enraizamiento inicial y final, según especie y ciclo (número/m <sup>2</sup> ).	88
13.	Promedio de nudos enraizados de cuatro especies estoloníferas por tratamiento y punto de muestreo (número/m <sup>2</sup> ).	89

14	Número de rebrotes promedio inicial y final de ocho gramíneas forrajeras en asocio con árboles y monocultivo (Número/m <sup>2</sup> ).	91
15	Porcentaje de luz fotosintéticamente activa incidente sobre las gramíneas, según hora y punto de medición.	94
16	Porcentaje promedio de luz fotosintéticamente activa incidente, según punto de medición en el tratamiento asociado con poró.	95
17	Producción acumulativa de materia seca de ocho gramíneas asociadas con árboles de poró y solas (Kg MS/ha).	97
18	Producción de materia seca según punto de muestreo, en el sistema asociado con poró (Kg/ha).	98
19	Producción estimada de biomasa forrajera de ocho gramíneas asociadas con poró y solas (Kg/ha/año).	101
20	Efecto del asocio con árboles sobre el porcentaje de proteína cruda promedio de ocho gramíneas.	105
21	Efecto del asocio con árboles sobre la DIVMS de ocho gramíneas tropicales (%).	106
22	Producción promedio de biomasa/árbol de poró y total/ha, según componentes (Kgs ms/árbol).	108
23	Composición florística de las malezas según tratamiento, en porcentaje.	110
24	Efecto del asocio con árboles sobre la densidad promedio de malezas, según gramínea (número/m <sup>2</sup> ).	111

## LISTA DE FIGURAS.

Figura #

1.	Diagrama simplificado de un sistema silvopastoril.	11
2.	Climograma.	43
3.	Plano general (sin escala) del experimento central de plantas perennes 1977. La Montaña, CATIE.	45
4.	Croquis de una parcela grande.	47
5.	Croquis de una parcela con gramínea estolonífera.	53
6.	Croquis de una parcela con gramínea erecta.	54
7.	Cobertura de cuatro gramíneas erectas por ciclo y tratamiento.	65
8.	Cobertura de cuatro gramíneas estoloníferas por ciclo y tratamiento.	66
9.	Area foliar de cuatro forrajeras erectas por ciclo y tratamiento.	72
10	Area foliar de cuatro forrajeras estoloníferas por ciclo y tratamiento.	73
11	Altura de cuatro gramíneas erectas por ciclo y tratamiento.	75
12	Altura de cuatro gramíneas estoloníferas por ciclo y tratamiento.	76
13	Relación hoja:tallo de cuatro gramíneas erectas por ciclo y tratamiento.	80
14	Relación hoja:tallo de cuatro gramíneas estoloníferas por ciclo y tratamiento.	81
15	Diámetro basal inicial y final de cuatro gramíneas erectas según tratamiento.	83
16	Puntos de enraizamiento de cuatro gramíneas por ciclo y tratamiento (número/m <sup>2</sup> ).	87

17	Densidad de rebrotes inicial y final promedio de ocho gramíneas, según tratamiento.	92
18	Producción de materia seca de cuatro gramíneas erectas por ciclo y tratamiento.	99
19	Producción de materia seca de cuatro gramíneas estoloníferas por ciclo y tratamiento.	100

## 1. INTRODUCCION.

Los países en vías de desarrollo están sufriendo una degradación acelerada de los recursos naturales debido a una serie de factores tanto sociales como económicos incluyendo una fuerte presión demográfica, y la urgente necesidad de cumplir con los compromisos de la deuda externa. Esta situación se refleja en las elevadas tasas de explotación irracional de las masas boscosas, especialmente en los trópicos húmedos. Este fenómeno lejos de solucionarse, se agrava día con día, perdiéndose irreversiblemente uno de los recursos más valiosos de la humanidad: los bosques primarios de las regiones tropicales.

En Centroamérica más del 50% de la tierra de cultivo se encuentra bajo pasturas, terrenos en los cuales el componente arbóreo fue deshechado en su mayoría, confrontando ahora, un problema de acelerada degradación de los suelos.

La reducción en la fertilidad del suelo propicia la mayor presencia de especies nativas de pastos de baja producción y calidad, que se refleja en la disminución de productividad de las fincas, lo cual afecta con mayor intensidad a los pequeños y medianos productores de la región.

La combinación de pasturas con árboles, debidamente manejados y aprovechados para la producción de madera, leña, frutos o forraje, constituyen una alternativa racional para aumentar la producción de una manera económica, basada en un



mejor aprovechamiento de los recursos disponibles en el suelo y en el espacio aéreo. Sin embargo, el efecto de los árboles puede diferir según las especies seleccionadas y el manejo aplicado.

Con base en lo discutido anteriormente, en el presente trabajo se propuso determinar el comportamiento de ocho gramíneas forrajeras en asocio o no con árboles de poró.

Los objetivos específicos que sustentaron esta investigación fueron:

a) Determinar el efecto que produce el asocio con árboles de poró sobre la persistencia, cobertura y número de rebrotes.

b) cuantificar el aporte de los árboles en la producción de biomasa total del sistema y su influencia sobre los parámetros de producción tales como: Producción de materia seca, calidad forrajera, relación hoja:tallo y área foliar.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA.

### 2.1. Asocio de árboles con pastos.

La estrategia de asociar árboles con pastos en un sistema de producción constituye una práctica antigua, corriente en diferentes regiones tropicales y subtropicales, la cual se ha llevado a cabo bajo diferentes condiciones socioeconómicas y agroecológicas (Robinson, 1947; Lagemann y Heuveldop, 1983; CATIE, 1979).

Estos sistemas de producción son denominados silvopastoriles (SSP) y constituyen una modalidad de los sistemas agroforestales. Somarriba (1990) define un sistema agroforestal como una forma de cultivo múltiple que satisface tres condiciones básicas: a) Que existan al menos, dos especies de plantas que interactúen biológicamente, b) al menos uno de los componentes es una leñosa perenne y c) al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas (incluyendo pastos). También Torres (1983) había clasificado como SSP, cualquier situación donde se desarrollen conjuntamente árboles y pastos en un sistema de manejo integral, cuyo principal objetivo sea incrementar el beneficio neto por hectárea a largo plazo.

El asocio de diferentes componentes, surge como alternativa viable y racional de uso de la tierra ante la necesidad de aumentar la producción biológica por unidad de área, mantener la capacidad productiva con bajos costos

económicos, y como medio para diversificar los productos obtenidos (Beer, 1980; Budowski, 1981; Russo, 1981).

La diversificación de cosechas es importante para el pequeño productor, ya que su existencia como grupo social con economías frágiles, depende en gran medida de la diversidad de productos que obtenga de su parcela.

Los árboles en los SSP cumplen diferentes funciones a saber: Suplen sombra y abrigo al ganado, además pueden producir madera (Beer, 1980), producción de leña (Somarriba, 1982), proveer forraje (Torres, 1983), y alimentos de uso humano (Somarriba, 1982). Además pueden funcionar como mejoradores del suelo, proveer postes vivos y pueden ser estéticamente agradables y valiosos para la vida silvestre (Budowski, 1981).

## 2.2. Material Biológico en Estudio.

### 2.2.1. Componente Arbóreo.

La especie Erythrina poeppigiana es representativa de aquellos SSP cuyo objetivo principal persigue maximizar la producción de forraje hasta un nivel sostenible, mediante un árbol que mejora el suelo (Beer, 1980; Budowski, 1983; Daccarett y Blydenstein, 1968; Benavides, 1983) y además produce hojas y tallos comestibles de alto valor nutritivo para el ganado (Torres, 1983).

Esta leguminosa arbórea fijadora de nitrógeno podada periódicamente, incorpora al suelo cantidades de biomasa (Cuadro 1), cuyo contenido de nitrógeno es alto. Sin embargo, el asocio con árboles puede implicar también, competencia por

elementos importantes como fósforo, potasio, etc. algunos de ellos siendo inmovilizados en el tronco, hecho que restringe el ciclaje de nutrientes dentro del sistema.

Cuadro 1. Producción anual de materia seca de E. poeppigiana podada a diferentes frecuencias en una plantación de café en Costa Rica (Russo, 1984).

Frecuencia de poda	MS, kg/ha/año.			
	(Nº/año	Hojas	Tallos	Total
1		3270	15200	18470
2		3900	7700	11800
3		340	3510	7850

Densidad de árboles 278/ha (6x6m).

### 2.3. El ecosistema silvopastoril.

#### 2.3.1. Estructura.

En el plano biológico, los principales componentes de los SSP son: El hombre, los árboles y/o arbustos, el pasto, los animales, el suelo y el subsuelo. Este último comprende los estratos de suelo no explorados por el pasto (> 50 cm de profundidad), pero sí potencialmente alcanzables por los árboles.

La lluvia, la radiación solar, el dióxido de carbono y el nitrógeno atmosférico son parte de las entradas al sistema, de

igual manera que los insumos agropecuarios como fertilizantes y plaguicidas. Las salidas del sistema son los productos cosechables (carne, leche, madera, leña, frutas), existiendo además las interacciones o servicios como: sombra, disminución del viento, disminución de la escorrentía, reciclamiento de nutrientes por parte de los árboles y los animales, pérdidas de energía y materiales (Fig. 1).

Los componentes sobre los cuales se el hombre puede lograr alguna influencia a través del manejo son el suelo, la pastura, los animales y los árboles. Los arreglos espaciales y temporales dentro de los SSP pueden variar, dependiendo del objetivo del mismo. En estos sistemas el componente arbóreo puede estar representado por unos pocos individuos en cada potrero, hasta densidades que superan los 1000 árboles por hectárea como es el caso de los bancos de proteína (CATIE, 1990; Benavides, 1983).

También, en la actualidad se considera como SSP la conservación y/o plantación de árboles en pastizales, los cuales pueden ser maderables o frutales, como una inversión a largo plazo en el caso de los primeros, y como una forma de asegurarse un ingreso más frecuente y rápido en el caso de los segundos (Budowski, 1980, 1983).

En un estudio realizado por el proyecto Silvopastoril (MAG-CATIE-CIID, 1990), en la zona Atlántica de Costa Rica con 400 finqueros, se determinó que la distribución espacial y el tipo de árbol que los productores deseaban sembrar/conservar, dependía del tamaño y recursos de la finca. Así, a medida que la finca disminuía de tamaño los productores preferían sembrar frutales en potreros y árboles maderables dentro de las cercas vivas, mientras que a medida que el tamaño de la finca aumentaba, las preferencias eran hacia sembrar maderables en bosquetes y árboles leguminosos como cercas vivas.

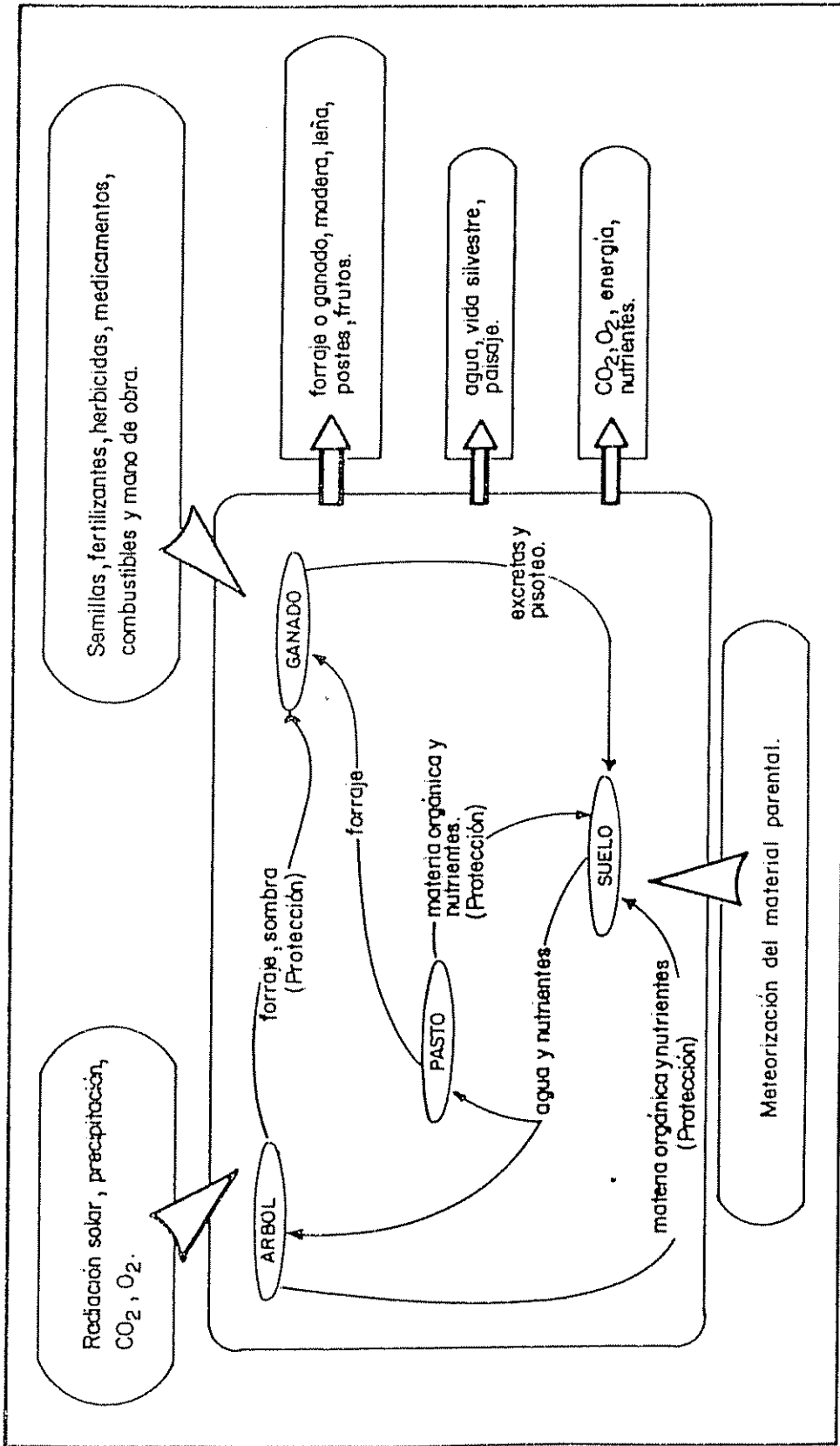


Figura 1. Diagrama simplificado de un sistema silvopastoril.

Fuente: Bron steim, 1984.

## 2.4. Interacciones en los SSP.

Las interacciones entre componentes son de gran importancia práctica, pues condicionan el éxito del sistema y proveen los principales puntos de intervención para el manejo. La interacción entre los componentes suelo, pasto, animal y especies leñosas pueden ser benéficas o perjudiciales. Realmente existe poca cuantificación respecto a estos aspectos y muchas veces se han hecho suposiciones desde el punto de vista teórico que no son sustentadas con evidencias experimentales (Bustamante y Romero, 1991). La magnitud de estas interacciones dependerá principalmente de las especies seleccionadas, densidad de la plantación, arreglo espacial, manejo aplicado y condiciones del sitio (condiciones ambientales y del suelo).

### 2.4.1. Interacciones Benéficas (+).

a) La presencia de los árboles produce sombra que reduce las altas temperaturas tropicales, lo que origina un ambiente más favorable para la producción y reproducción de los bovinos (Bustamante y Romero, 1991). Además, la hojarasca que se deposita en el suelo, ayuda en la protección contra los factores erosivos, contribuyendo también a la reducción de la temperatura del suelo, y brinda un microambiente más adecuado y estable para los organismos descomponedores de materia orgánica. Estos, se encargan de liberar nuevamente los nutrientes para ser utilizados por los pastos y árboles (Mazzarino et al, 1991).

b) El ciclaje de nutrientes se incrementa al retornar al suelo hojas, frutos y ramas especialmente cuando se podan los árboles (además de las heces y la orina producida por los

animales), debido a la mayor superficie explorada por las raíces de los árboles, las cuales captan nutrientes que normalmente salen del ámbito radicular de las gramíneas. En el caso particular de árboles y arbustos leguminosos habrá también una contribución al nitrógeno del suelo, tanto como nitrógeno reciclado proveniente de la poda de los árboles (Daccarett & Blyndestein, 1968) así como el fijado a través de procesos simbióticos en las raíces (Cuadro 2)

Cuadro 2. Materia seca total de nódulos de poró y su aporte en elementos minerales. (Russo, 1984).

DESCRIPCION	Kg/ha.
Kgs de MS de Nódulos	35
Nitrógeno	1.686
Fósforo	0.106
Potasio	0.810
Calcio	0.141
Magnesio	0.246

Densidad de Arboles: 178/ha.

c) En el caso de plantaciones de árboles, la presencia de ganado contribuye a la utilización y control de pastos y malezas que compiten con el desarrollo de árboles en etapas juveniles, ayudando también a la prevención de incendios en aquellas regiones con períodos secos. Sin embargo, la presencia de semovientes puede producir efecto detrimental sobre los árboles por pisoteo, aflojamiento y/o consumo. En el caso de árboles frutales o palmáceas la limpia que hace el



ganado, facilitará la cosecha y el posterior aprovechamiento de los productos del sistema.

d) La interferencia del dosel arbóreo en la caída de las gotas de lluvia, provoca una atenuación del impacto de la misma sobre el suelo, favoreciendo la infiltración, reduciendo la erosión a través del mulch depositado y minimiza los riesgos de inundación.

#### 2.4.2. Interacciones Negativas (-).

Es importante reconocer que existen también interacciones negativas entre los componentes de un SSP, siendo las más importantes las siguientes:

a) Competencia por luz debido a la sombra que los árboles ejercen respecto a los estratos inferiores, afectando negativamente los rendimientos y la calidad del forraje en términos de mayor presencia de nitratos (Daccarett & Blyndestein, 1968; Ludlow, 1980).

b) Competencia por agua y nutrimentos. En el caso de ecosistemas con lluvias marginales, esta competencia puede perjudicar grandemente a las pasturas (Odum, 1972; Daccarett & Blyndestein, 1968). En el trópico húmedo las raíces se desarrollan preferentemente en los primeros 30 cm de profundidad (Russo, 1984), debido a la presencia más superficial de la napa freática. Por lo tanto, en esta zona la competencia por nutrientes es inevitable entre árboles y pastos; en tanto la competencia por agua sólo se dará en aquellos meses en los cuales la evapotranspiración excede la precipitación (Bronstein, 1984).

c) El descanso y la concentración de ganado bajo los árboles produce disminución de la cobertura herbácea por destrucción mecánica (pisoteo) y causa compactación del suelo. Esta resulta en una reducción del tamaño de los poros, aumentándose la escorrentía y por lo tanto la erosión del suelo en pendientes, reeduciéndose consecuentemente el crecimiento de las plantas (Lal y Cummings, 1979).

## 2.5. Principales efectos de los árboles en el suelo, la pastura y los animales.

### 2.5.1 Relación Arbol-Suelo.

Los árboles intervienen en el reciclamiento de nutrientes (Cuadro 3), en la estructura y en el balance hídrico del suelo. La descomposición del material arbóreo que se deposita en el suelo puede ser rápida y una gran proporción de los residuos no consumidos -- dependiendo de la especie arbórea, clima, y otras variables--, son incorporados en la fracción orgánica del suelo o directamente absorbidos por las especies forrajeras asociadas (Bronstein, 1984). A largo plazo, el incremento de N en el suelo, especialmente cuando se utilizan leguminosas, a menudo propicia un aumento sustancial en la cantidad y composición florística de la pastura tendiendo a favorecer a las especies más productoras (Cuadro 3), que responden a un incremento en la fertilidad del suelo (Bryan y Velásquez, 1982; CATIE, 1990).

Cuadro 3. Ciclaje de nutrientes, producción forrajera y calidad para tres sistemas de pastura/árboles.

Variable de respuesta	<u>Cynodon nlemfuensis</u> +		
	<u>C. alliodora</u>	<u>E. poeppigiana</u>	Control
Ciclaje de nutrientes a través de hojas caídas kg/ha/año			
Nitrógeno	64.3	185.6	-----
Fósforo	6.2	12.2	-----
Potasio	29.3	64.1	-----
Producción de forraje kg/ha/año			
Pastos	4047	9311	2622
Malezas Hoja Ancha	1003	1090	3299
Calidad del Forraje, % *.			
CP	6.4	9.5	6.1
DIVMS	47.3	46.9	45.1

\* Medias para intervalos entre cortes de 5-8 semanas.  
Fuente: Bronstein, 1984.

Dependiendo de la especie y de las condiciones edáficas, los árboles son capaces de explorar horizontes más profundos del suelo, absorbiendo nutrientes y retornándolos a la superficie con la caída natural de hojas, ramas y frutos (Budowski, 1981). Sin embargo el aporte al suelo de nutrientes, provenientes de aquellas partes del árbol que ya han cumplido su función, son por lo general bajas debido a la traslocación de elementos como el N, K, Mg y S --entre otros-- hacia las partes en crecimiento activo del árbol, antes de darse su caída. Por tanto, el reciclaje más efectivo de nutrientes se da cuando se manejan los árboles a través de podas, cuya biomasa contiene mayor cantidad de nutrimentos (Stevenson, 1986).

En el caso del poró asociado con café, Russo (1984) encontró un aporte de biomasa de 14 ton MS/ha/año mediante dos

podas anuales en plantaciones adultas de 280 árboles/ha, que representaron 269 kg de N, 21 kg de P, 151 kg de K, 126 kg de Ca y 51 kg de Mg. Estos resultados nos indican que existe una economía importante en el uso de fertilizantes químicos los cuales han venido siendo cada día menos disponibles para los finqueros de limitados recursos económicos. No se debe olvidar que parte de estos elementos son utilizados nuevamente, por el componente arbóreo del sistema.

Cuando la especie arbórea seleccionada tiene fines maderables se busca un mayor crecimiento del fuste, reteniéndose en él cantidades significativas de nutrientes que con la cosecha serán luego exportados del sistema.

## 2.5.2. Relación árbol-pasto.

### 2.5.2.1. Sombra.

La atenuación de la radiación solar puede influir en la producción de biomasa, calidad del forraje, consumo de agua de la pastura y en la distribución de las raíces y el follaje; factores que también están íntimamente ligados a una serie de variables edáficas (Bronstein, 1984).

La cantidad de luz que ingresa a las pasturas es una función de la arquitectura del árbol y las características ópticas de la misma. En la arquitectura se incluyen variables tales como la altura, densidad y distribución del follaje, además de la inclinación, orientación y el tamaño de las hojas. En las características ópticas se incluyen la absorbancia, la transmitancia y la reflectancia de la radiación solar que hace el follaje (Ross, 1981).

La calidad de luz integral que ingresa a la cobertura forrajera después de atravesar la copa de los árboles también influye en la fotosíntesis de las plantas subyacentes. Los rangos de luz fotosintéticamente activa son aquellos con longitud de onda que oscila entre 0.3 y 0.7 micromoles. Por tanto, las mejores opciones de árboles para sombra son aquellos que presentan follaje poco denso permitiendo pasar luz fotosintéticamente activa (sunflecks) hasta el estrato herbáceo. Las longitudes de onda corta como los rayos ultravioleta pueden atravesar la copa de los árboles, sin embargo su función fotosintética es mínima (Salisbury y Ross, 1987).

Daccarett y Blyndestein (1968) llevaron a cabo mediciones de la cantidad de luz interceptada por cuatro especies de árboles de diferente arquitectura foliar, plantadas a densidades de 60 árboles/ha aproximadamente, y encontraron una reducción de luz incidente en el estrato herbáceo entre 6 y 56%. En los árboles caducifolios o en aquellos que se manejan mediante podas, se altera drásticamente la cantidad de luz que ingresa a las pasturas. En el caso del poró (Erythrina poeppigiana), el diámetro de la copa varía desde prácticamente 0 hasta 6 metros, cuando se practican podas totales cada 6 meses (Russo, 1984).

El efecto de la luz sobre las plantas ha sido estudiado con más detalle en condiciones de laboratorio, en los cuales la producción neta aumenta con la intensidad de luz hasta alcanzar un punto máximo de saturación luminica, después muestra una tendencia a mantenerse constante o descender levemente, dependiendo de cada especie (Larcher, 1975). La intensidad luminica a la cual se alcanza la máxima producción forrajera, depende de la especie. Las gramíneas tropicales, en su mayoría plantas del tipo metabólico C4, alcanzan su

máximo potencial productivo con intensidades de luz tan altas como las registradas al medio día con cielo despejado, en condiciones no limitantes de otros factores (Larcher, 1975). Sin embargo, a nivel de campo esta situación puede variar mucho y es explicada por la interacción entre los factores luz, nutrientes y agua disponibles (Bronstein, 1984).

Ericksen y Whitney (1981), estudiaron la respuestas de varias gramíneas tropicales en condiciones controladas de campo, y encontraron una producción máxima cuando recibían entre 70 y 100% de luz en aquellos tratamientos fertilizados (365 kg de N/ha), en cambio la máxima producción se situó entre 25 y 45% en los tratamientos sin fertilización nitrogenada. Lo anterior puede ser debido a que bajo condiciones nutrimentales deficitarias, las intensidades de luz altas provocan destrucción de la clorofila a una mayor velocidad de la que puede ser repuesta, y en consecuencia la fotosíntesis neta disminuye (Ericksen y Whitney, 1981). Cambios en la intensidad lumínica, producen también variaciones en la estructura de la cubierta vegetal de las praderas, ejerciendo una influencia muy importante en el comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo y por ende en el consumo y utilización del forraje.

Las principales características estructurales de las praderas tropicales parecen ser la densidad del forraje y la relación hoja:tallo, factores que contribuyen al aumento en el consumo del forraje mejorando normalmente la eficiencia de utilización del mismo (Hodgson, 1981). Stobbs (1975b), identificó la relación hoja:tallo como una de las principales limitantes del tamaño del bocado y del consumo diario de forraje por los animales en pastoreo, en praderas tropicales. Las plantas sombreadas responden ante esta condición, elongando sus tallos y reduciendo el peso específico de las hojas (Ludlow, et al., 1974; Wong,

1978). Cuanto mayor sea la exposición de los meristemos apicales de una planta al espectro de luz azul, menor será la elongación de sus tallos (Cosgrove, 1982). Esta situación permite a las plantas forrajeras, incorporadas bajo el dosel arbóreo en un SSP, buscar condiciones más favorables de intercepción de luz para sus procesos fotosintéticos, sin embargo la relación hoja:tallo se hace más estrecha.

La composición química de un forraje cambia cuando se modifica la intensidad de luz que recibe (Cantliffe, 1972; Deinum, 1966; Ericksen y Whitney, 1981; Pezo, 1981). Al variar la composición química también varía su valor nutritivo y palatabilidad, factores que afectan el consumo por parte de los animales. La planta bajo sombra o en la oscuridad, para lograr reducir los nitratos --proceso que requiere de alta energía-- utiliza los carbohidratos solubles los cuales son rápidamente metabolizados disminuyendo su concentración. Es conocido que el nivel de carbohidratos solubles está relacionado positivamente con la calidad y palatabilidad del pasto (Cantliffe, 1972; Deinum, 1966).

La intensidad de luz se relaciona también con los carbohidratos estructurales: Un aumento en la intensidad lumínica conduce a una menor elongación de los tallos, lo cual implica menor contenido de tejidos estructurales (Cosgrove, 1982); sin embargo, si la mayor intensidad de luz es acompañada por aumentos de temperatura, entonces los carbohidratos estructurales se incrementan debido a una mayor tasa respiratoria (Deinum, 1966).

La sombra de los árboles al atenuar la intensidad de luz y la temperatura foliar de las plantas herbáceas, modifica también el contenido de la proteína cruda (PC) de las gramíneas tropicales. La cantidad de proteína se vio

incrementada cuando las pasturas fueron asociadas con árboles. Así Bronstein (1984) reportan que el tratamiento de estrella africana asociada con Erythrina poeppigiana (44% de luz) tuvo un 8.4% de PC mientras que el mismo pasto al sol tenía una concentración de 6.0% de PC.

También Venegas (1971), trabajando con pasturas asociadas de Pennisetum purpureum, con jaúl (Alnus jorullensis), encontró en el pasto sin sombra una concentración del 10% de PC, mientras que en el asocio de plantaciones jóvenes y más desarrolladas la concentración de PC se elevó al 15 y al 20%, respectivamente. Este incremento es debido al efecto benéfico que produce la mayor disponibilidad de nutrientes (nitrógeno principalmente), hecho que se comprueba cuando se hacen aplicaciones de ese elemento a las pasturas.

Aquellas especies que poseen un mayor diámetro basal (corona), tienen área mayor para depositar sustancias de reserva, las cuales son necesarias para los rebrotes posteriores, después de un pastoreo o de un ciclo de corte (Auda et al, 1966; Stobbs, 1975b).

#### 2.5.2.2. Agua.

La interacción entre los árboles y las pasturas es compleja en lo referente al uso del agua, dado que los árboles constituyen un factor de consumo y también de ahorro de agua. En el trópico húmedo, los árboles pueden realizar alguna competencia con las pasturas más que todo por espacio, antes que por agua en las cercanías del árbol, debido al sistema radicular generalmente superficial, ya que en estas regiones son breves los periodos de sequía (Budowski, 1981; 1983).



### 2.5.3. Relación árbol-animal.

Esta relación del árbol sobre el animal es dada de dos maneras: una directa a través de la sombra y otra indirecta en aquellos casos de producción de follaje frutos o semillas de alta calidad, que algunos árboles producen.

#### 2.5.3.1. Efecto de sombra en el ganado.

La sombra contribuye a mantener un adecuado balance térmico de los animales en pastoreo. En el ganado vacuno, altas temperaturas corporales provocan menor consumo de forrajes, aumentan los requerimientos nutricionales de mantenimiento, disminuyen la fertilidad de vacas y novillas, disminuyen la producción de carne y leche y afecta la resistencia a ciertas enfermedades (Flemenbaum, 1986; Badinga, 1983; Mc Dowel, 1970).

La mayoría de esta información proviene de genotipos más especializados argumentándose que las razas cebuinas por su mayor capacidad de enfriamiento, al poseer el doble de glándulas sudoríparas por unidad de área corporal, no se ven afectadas por el calor, sin embargo, sus niveles productivos son menores. En los sistemas de doble propósito tropicales, la producción de leche y carne se ha querido aumentar por medio de la infusión de genes Bos taurus. Aumentos en los niveles de producción de carne y leche significan aumentos en las tasas metabólicas de los animales y por ende en la producción de calor, el cual aunado a las condiciones ambientales compromete la efectividad de los sistemas de enfriamiento, causando posiblemente efectos detrimentales en la producción y reproducción de los hatos (Beede et al, 1985).

En el trópico, incluso en razas cuyo historial de formación se remite a climas calientes, el aumento en la producción de calor digestivo y la baja producción de leche y carne obtenida se debe a la reducción en el consumo de forraje generalmente de baja calidad durante la estación seca cuyas temperaturas son elevadas ('t Mannelje, 1984).

Los requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento se incrementan de 10 a 30% cuando la temperatura oscila entre 30 y 40 °C (Mc Dowell, 1972).

Bajo condiciones tropicales, la sombra debe ser utilizada como un servicio más que brindan los árboles del SSP.

## 2.6. Erythrina poeppigiana

### 2.6.1. Características generales.

La E. poeppigiana es una leguminosa arbórea multiuso, perteneciente a la familia Papilionaceae; originaria del Perú y Bolivia y se halla distribuida naturalmente en toda América tropical, preferentemente en zonas con lluvias abundantes. Es una especie de crecimiento rápido, pudiendo alcanzar más de 50 cm de diámetro y 20-30 metros de altura a los 10 años (Russo, 1983). Esta especie tiene capacidad para fijar nitrógeno, mediante simbiosis con bacterias del género Rhizobium (Budowski, 1983). En condiciones naturales pierde sus hojas en la presencia de estrés hídrico, y se reproduce adecuadamente por semillas (Budowski, 1983; Borchert, 1980).

En los trópicos húmedos, caracterizados por la ausencia de cambios estacionales muy marcados, el crecimiento periódico del poró es determinado por la edad de la hoja y tamaño del

árbol principalmente. Estas variables afectan los mecanismos que rigen el balance interno del árbol (Borchert, 1980).

#### 2.6.2. Utilización.

La E. poeppigiana se utiliza ampliamente en sistemas agroforestales, aprovechando las ventajas que presenta como árbol de sombra en cultivos de café y cacao, donde se maneja mediante podas periódicas, generalmente dos por año, para regular la sombra y aprovechar el material como abono verde. Con fines pecuarios, se utiliza como árbol forrajero, en el establecimiento de cercas vivas y como sombra para el ganado (Beer, 1980; Benavides, 1983; Budowski et al., 1984). No obstante, su utilización se podría ver afectada debido a que en los últimos años se han encontrado evidencias que esta leguminosa es un hospedero común en el trópico húmedo del "joboto" Phyllophaga menetriesi (King, 1984). Este coleóptero representa una de las plagas más dañinas en el ámbito de Centro América, debido a la diversidad de cultivos que ataca.

#### 2.6.3. Producción.

El manejo mediante podas, aporta sustanciales cantidades de biomasa y nutrientes. Russo (1983), señala un aporte de biomasa de 23 toneladas de MS/ha/año mediante una poda anual en plantaciones de 280 árboles/ha, que representaron 331 kg de nitrógeno, 32 kg de fósforo, 156 kg de potasio, 319 kg de calcio y 86 kg de magnesio.

Con dos podas anuales los valores fueron de 14 ton de MS/ha/año, 270 kg de nitrógeno, 21 de fósforo, 150 de potasio, 126 de calcio y 51 kg de magnesio. En ambos casos se contabilizaron las hojas caídas naturalmente durante el periodo entre podas.

Cuando el poró se utiliza como forraje, los animales comen las hojas, tallos tiernos y la corteza, cuyos contenidos de proteína y digestibilidad in vitro son comparables a las leguminosas herbáceas (Benavides, 1983; Budowski, 1983). Benavides (1983) reporta 31% de proteína cruda y 54% de digestibilidad in vitro para el limbo de las hojas, y 19 y 45% respectivamente para los peciolos. El mismo autor señala además que en un ensayo para producción de forraje con poró, plantado en altas densidades, asociado con Pennisetum purpureum "king grass", obtuvo en la plantación de 3333 árboles/ha en tratamientos con podas cada 3 y 4 meses, 1900 kg/ha/año de proteína cruda de E. poeppigiana más 1700 kg PC/ha/año del pasto.

Las gramíneas forrajeras tropicales que se estudiaron en el experimento son especies que han obtenido lugares privilegiados en experimentos llevados a cabo por la Red Internacional de Evaluación de Pasturas Tropicales (RIEPT), Vallejos, 1987; Ibrahim, 1990). El Cynodon nlemfuensis fue utilizado como testigo local por su amplia difusión y productividad en la zona de estudio.

## 2.7. Características generales del género *Brachiaria*.

El género Brachiaria agrupa alrededor de 80 especies conocidas (Montero et al., 1974; Sendulski, 1978), distribuidas en los trópicos. Estas gramíneas tienen la cualidad de

adaptarse a diferentes condiciones edafoclimáticas, desarrollándose desde los suelos húmedos y fértiles, hasta los suelos ácidos, de baja fertilidad con presencia de sequías estacionales (Seiffert, 1980). Este género se desarrolla por debajo de los 2000 metros sobre el nivel del mar, en climas tropicales húmedos con precipitación anual mayor a los 750 mm y con estaciones secas de tres a seis meses de duración (Vallejo, 1988).

Hay una gran diversidad en este género, pues hay especies anuales o perennes, con hábito de crecimiento erecto, cespitoso, decumbente o estolonífero, cuya altura varía de 30 a 200 cm y sus hojas tienen de 4 a 60 cm de largo y de 0.8-2.0 cm de ancho, poseen una flor hermafrodita o masculina con 1 a 3 estambres y espiga o panícula unilateral (Bogdan, 1977).

En el presente estudio se incluyeron materiales que en las pruebas preliminares en Costa Rica, cumplieron con una serie de características que las clasificó como promisorias, especialmente en el caso de las *Brachiarias* y *Panicum*. Por tanto en la zona de Guápiles en el trópico húmedo bajo, para seleccionar los ecotipos más promisorios se tomaron los siguientes criterios: Relación Hoja:tallo mayor a 1; producción de MS mayor a 3.0 ton/ha/corte cada seis semanas; contenido de proteína en hojas mayor a 11%; DIVMS en hojas mayor a 60% y no presentar susceptibilidad a plagas y enfermedades (Vallejo, 1988).

### 2.7.1 Brachiaria humidicola (CIAT 6369).

#### 2.7.1.1. Origen y distribución.

La B. humidicola es originaria de Zimbawe, Africa (Bogdan, 1977). Se caracteriza por su versatilidad en

diferentes ambientes de América tropical, encontrándose ampliamente difundida en la Amazonía (Simao Neto y Serrao, 1974). En Colombia (Salinas y Gualdrón, 1982) y Venezuela (Khan y Mark, 1983), reportan que el Brachiaria humidicola se encuentra en regiones de sabana con periodos variables de sequía, en donde los suelos son comúnmente pobres y de baja fertilidad natural. Esta gramínea también ha presentado buena adaptación en el trópico húmedo de Ecuador, Bolivia y Perú, y su adopción por productores es cada vez mayor (Ferrufino, 1985; Valles, 1985; Muñoz, 1985).

De acuerdo a su morfología el B. humidicola es una gramínea perenne, de crecimiento estolonífero (Bogdan, 1977). Produce raíces a lo largo de los tallos decumbentes formando una cobertura densa y vigorosa que le permite competir ventajosamente con las malezas (Tergas, 1981). Sus tallos son finos con pequeños nudos, sin vellosidades, distanciados entre si a 3-7 cm; con hojas erectas y lanceoladas, normalmente glabras de color verde brillante y tallos florales hasta de 50 cm (Toro, 1990). Crece bien en suelos de pH 4.0-4.6 y tolera muy bien la sombra (Tergas, 1981). Una de las características que ha hecho muy popular esta especie, sobre todo en el trópico húmedo de Brasil, es su tolerancia a los insectos, especialmente el salivazo (Aenolamia sp.; Zulia sp.; Deois sp).

#### 2.7.1.2 Producción.

La B. humidicola tiene alto potencial de producción de materia seca, dependiendo de la fertilidad del suelo y del régimen de precipitación (Salinas y Gualdrón, 1982). En Santander, Colombia en un Ultisol, el B. humidicola tuvo una producción de materia seca de 4945 kg/ha y 3405 kg/ha a las 12 semanas de rebrote, en periodos de máxima y mínima

precipitación, respectivamente (Toledo et al, 1983). En las sabanas de Colombia, esta especie bajo corte tuvo una producción promedio anual de 9.6 ton MS/ha/año.

En condiciones de suelos ácidos e infértiles en los cuales se aplica solamente 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (Tergas, 1981), B. humidicola, casi siempre muestra una productividad superior a otras gramíneas que crecen en las mismas condiciones. Esta superioridad es más patente en el segundo año después de establecimiento. Además por su tolerancia a la sequía, la producción de materia seca en esa época puede alcanzar el 30-40% de la producción total anual dependiendo de la duración e intensidad de ese período (Tergas, 1981)

Vallejo (1988), en la categorización de 136 accesiones de Brachiaria, estimó como accesión promisoría, a la B. humidicola CIAT 6369, por su rendimiento (2.8 ton MS/ha/corte; relación (H:T) de 1.2; DIVMS de hojas de 67.4% y contenido de PC de 12.6 %.

#### 2.7.1.3. Valor Nutritivo.

En el caso específico de B. humidicola, existen evidencias de que la calidad de esta especie puede variar con el nivel de fertilidad del suelo. En términos generales se reconoce el valor nutritivo de esta especie es bajo, principalmente debido a su nivel relativamente bajo de proteína cruda (Tergas, 1981); sin embargo existe variabilidad genética entre ecotipos.

En un ensayo llevado a cabo en la Estación CIAT-Quilichao en un ecosistema de bosque semi-siempre verde, se encontró un bajo consumo de B. humidicola el cual se asoció con un bajo nivel crítico de proteína en el forraje ofrecido y

seleccionado (Hoyos y Lascano, 1985). La baja calidad forrajera del B. humidicola también fue observada por Salinas y Perdomo (1985), quienes encontraron un contenido de proteína por debajo del 6% aún con fertilización simple o combinada de nitrógeno, fósforo, magnesio y azufre. Mejoras en la calidad del B. humidicola fueron observadas por Lascano y Thomas (1988) y por Ibrahim, (1991, comunicación personal) cuando esta gramínea se asoció con Arachis pintoii.

Resultados provenientes de los Llanos Orientales de Colombia indicaron que las hojas del B. humidicola durante la época de lluvias, tuvieron un contenido de proteína cruda del 8.3% cuando estaba asociada con Arachis pintoii. En la amazonia del Ecuador, el Brachiaria humidicola produjo ganancias de peso de 571 g/an/día y 616 kg/ha con 3 an/ha sin fertilización y durante 280 días (Muñoz, 1985).

El asocio de esta especie con leguminosas herbáceas y/arbóreas, es importante debido a la tendencia de llegar más rápidamente a experimentar deficiencia de nitrógeno con respecto a las otras brachiarias. Esta deficiencia en nitrógeno más acelerada en la B. humidicola se produce porque esta especie tiene influencia sobre la mineralización del material senescente en dos aspectos a saber: a) Reduce la mineralización total neta y b) inhibe específicamente la conversión de  $\text{NH}_4\text{-N}$  a  $\text{NO}_3\text{-N}$  (CIAT, 1988).

Toro (1990), reporta que la DIVMS para hojas de B. humidicola fue de 59.1 y 55.2%, en la época seca y lluviosa respectivamente, durante el segundo año de pastoreo, en un experimento llevado a cabo en Carimagua, Colombia. Vallejo (1988), reporta DIVMS para hojas de 67.4 % en un experimento manejado bajo cortes cada 6 semanas en condiciones de Guápiles, Costa Rica (Bht).



A pesar de que se ha documentado que el pasto es bien consumido por los animales cuando no está maduro, se ha encontrado que la digestibilidad aparente de la materia seca es solamente del 50-58 % (Tergas, 1981). El contenido de proteína cruda encontrado oscila alrededor de 7% en la pastura en monocultivo, pero asciende hasta 9.1% en promedio, en el asocio con Desmodium ovalifolium (Toro, 1990). Vallejo et al (1989) reporta un contenido de PC en las hojas de 12.6%.

En Panamá, donde los suelos son de menor calidad y existe presencia severa de salivazo, se destacó la accesión de B. humidicola CIAT 6369, la cual obtuvo el mejor porcentaje de hojas (83%) (CIAT, 1986). En dos sitios de Panamá (Gualaca y Chiriquí), datos provenientes de 8 cortes cada 5 semanas mostraron un rendimiento de 2.36 y 0.89 ton MS/ha para el primero y segundo sitio, respectivamente y un contenido de 8.5% de PC.

#### 2.7.2. Brachiaria dictyoneura (CIAT 6133)

La B. dictyoneura CIAT 6133 conocida en Colombia como variedad "LLanero", es una de las gramíneas promisorias dentro de las nuevas selecciones de la RIEPT, la cual está siendo ensayada con éxito en fincas de agricultores, ubicadas en los Llanos colombianos (CIAT, 1987). Esta especie florece y forma semillas mejor que otras Brachiarias, sin embargo, la semilla tiene latencia pronunciada y la germinación es baja durante los 6 primeros meses después de la cosecha (CIAT, 1987). Por esta razón debe tratarse la semilla con ácido sulfúrico, siendo ese el método más económico y eficaz de mejorar la germinación (Diulgheroff, 1991). La tendencia marcada a florecer en la época lluviosa, deteriora la cantidad y calidad del forraje en oferta para el ganado, ya que esa tendencia significa cambios morfológicos y nutricionales negativos en el

forraje. En Panamá, se demostró que B. dictyoneura CIAT 6133 tiene buena adaptación a suelos arcillosos del Orden Ultisol, con altas precipitaciones, suelos de baja fertilidad, ácidos y con alto porcentaje de saturación de aluminio.

En cuanto a plagas y enfermedades, manifiesta tolerancia a plagas especialmente al salivazo y al momento no se conocen enfermedades (CIAT, 1987; Prieto, 1989).

#### 2.7.2.1. Producción:

Se ha encontrado poca variabilidad en los rendimientos, únicamente cuando se utilizan altas dosis de fertilizante (N-P-S) la producción de MS se incrementa significativamente. Cuando la pastura no recibe fertilizantes se obtuvo una producción de 4004 kg MS/ha cosechada cada seis semanas (CIAT, 1987).

En el trópico húmedo de Costa Rica, se ha considerado a la B. dictyoneura 6133, junto con 34 accesiones más, de un total de 290, como promisorias y se destacan por su buena producción de MS, de PC y DIVMS, alto número de nudos enraizados, relación hoja:tallo intermedia y poca susceptibilidad a plagas y enfermedades (Vallejo, 1988)

Este mismo autor concluye que para un mejor manejo y persistencia de estas pasturas los períodos de rebrote deben ampliarse a 6 semanas, para obtener resultados más estables.

Esta misma Brachiaria en los Llanos Orientales de Colombia, produce alta cantidad de forraje (1700 kg/ha de MS por corte en la época lluviosa y 850 kg MS/ha en verano y ganancias de peso en bovinos hasta de 490 g diarios cuando es asociada con leguminosas (Prieto, 1989).

#### 2.7.2.2. Valor nutritivo.

Con respecto a la DIVMS y la PC Vallejo (1988) reporta para hojas de B. dyctioneura 67.7 % y 13.5 %, respectivamente.

#### 2.7.3. Brachiaria brizantha CIAT 6780.

La B. brizantha CIAT 6780 conocida como cultivar Marandú, es una forrajera de crecimiento semierecto, cuya importancia va en ascenso en vista de su productividad, persistencia, buena cobertura y resistencia a plagas como el salivazo (Zulia sp; Aenolamia sp; Deois sp), presentando condición de "antibiosis" para estos cercópidos (Ferrufino, 1985).

En un experimento para la evaluación de ecotipos forrajeros en la Zona Atlántica de Costa Rica (Bht), se evaluaron 190 accesiones de Brachiaria, desde octubre de 1987. La técnica de conglomerados utilizada en el análisis de la información, ubicó a la B. brizantha 6780 en el primer conglomerado. Este grupo se destacó por resultados promisorios en producción de MS, altos contenidos de PC y DIVMS; relación hoja:tallo intermedia y daños mínimos de plagas y enfermedades. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: 4315 kg MS/ha; relación hoja:tallo: 1.35 g/g; PC en hojas: 13% y DIVMS de hojas: 59.5%.y provienen de 6 cortes realizados cada 42 días (CIAT, 1988).

#### 2.7.4. Brachiaria brizantha CIAT 664.

En el mismo experimento acotado para la accesión B. brizantha CIAT 6780, realizado por Vallejo (1988), esta forrajera quedó incluida en el segundo conglomerado. Los datos reportados para esta accesión fueron los siguientes: 3967 kg de MS/ha; relación hoja:tallo de 1.08 g/g, PC y DIVMS de hojas fue de 16.5% y 69.1 %, respectivamente.

#### 2.7.5. Elefante enano: Pennisetum purpureum, (Schum) cv Mott.

El pasto elefante enano cv. Mott es un híbrido de porte bajo seleccionado de un cruce entre genotipos de pasto Elefante de porte alto y porte bajo. Este pasto es perenne, amacollador, el cual no coloniza nuevas áreas, pero las macollas individuales producen nuevos rebrotes, incrementando así su diámetro basal.

Su establecimiento es más difícil que el de la mayoría de los ecotipos de porte alto, debido a la susceptibilidad que presentan los rebrotes y raíces jóvenes altamente nutritivos a ser atacados por diferentes microorganismos presentes en el suelo (Ibrahim, 1990). Por esa razón debe plantarse en suelos con buen drenaje y fertilidad de media a alta. Su propagación es mediante material vegetativo, el cual se recomienda sembrar a una profundidad no mayor de 3 cm, colocando los tallos en el surco en línea corrida o con un 20% de traslape entre ellas (Sollenberger et al, 1988b).

#### 2.7.5.1. Producción y Contenido de Materia Seca.

Carmona y Rodríguez (1979) encontraron que el rendimiento del pasto Elefante Enano se incrementó al aumentar el intervalo de corte; a los 42, 56 y 70 días se obtuvieron rendimientos de 845, 1103 y 2052 kg de MS/ha/corte, respectivamente.

En ensayos bajo corte, durante un periodo de 3 años, se han observado producciones de 11300 kg de MS/ha/año, utilizando intervalos de 35 días y cortando a una altura de 30 cm (Kalmbacher et al, 1987).

#### 2.7.5.2. Valor nutritivo (PC y DIVMS).

##### a) Proteína cruda.

En Gainesville, Florida, Boddorff y Ocumpaugh (1986) obtuvieron contenidos de proteína cruda, en rebrotes de 35 y 70 días, de 14 y 13.5%, respectivamente. Esto sugiere que el pasto Elefante Enano cv. Mott reduce lentamente su valor nutritivo conforme avanza su estado de madurez, lo cual es una característica de importancia en especies forrajeras tropicales.

En el Altiplano de la Esperanza (Honduras), Cruz y Wege (1988), obtuvieron contenidos de proteína cruda de 12.2, 12.6 y 10.7% en la época de mínima precipitación y de 13.6, 10.2 y 9.9% en la de máxima precipitación, en pasto Elefante Enano Cv. Mott con edades de rebrote de 56, 70 y 84 días, respectivamente. Fuentes, (1989), en un experimento llevado a cabo en el CATIE, Turrialba obtuvo 18 % y 7.2%, para la edad más temprana de corte (115 días) y más tardía (265), respectivamente de PC% para hojas de Elefante Enano cv. Mott.

Ibrahim 1990, reporta 16.0 y 11.5 % a los 28 y 56 días de pastoreo con la mayor intensidad de pastoreo.

En Guatemala, su utilización está restringida a pequeñas parcelas ubicadas cerca de los establos ganaderos, siendo utilizado bajo el sistema de corte y acarreo (Vargas, H., Comunicación Personal).

b) Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca.

Boddorff y Ocumpaugh (1986), Kalmbacher *et al.* (1987) y Sollenberger y Jones (1988) obtuvieron digestibilidades in vitro de la materia orgánica, en pasto cosechado o pastoreado a intervalos de 35 días, de 75.0, 67.5 y 71.1%.

Boddorff y Ocumpaugh (1986), también obtuvieron un 71% de DIVMO en pasto cosechado a intervalos de 70 días. Fuentes (1989), en un experimento con Elefante Enano cv. Mott, utilizando seis edades de corte que se ubican entre los 115 y 265 días (dif. de 30 días), obtuvo un promedio de DIVMS en hojas de 57.4%; correspondiendo un 68% a los 115 días de corte y de 51% a los 265 días. Ibrahim (1990), reporta 67 y 64% DIVMS de hojas, para los 28 y 56 días después del pastoreo.

Carmona y Rodríguez (1979) obtuvieron relaciones hoja tallo de 1.75, 2.07 y 1.45 con frecuencias de corte de 42, 56, y 70 días, respectivamente. Sin embargo, se han encontrado relaciones hoja:tallo hasta de 7.33 en sistemas de pastoreo rotacional con 35 días de descanso y 7 de ocupación (Sollenberger y Jones, 1988). También Boddorff y Ocumpaugh (1986) estimaron proporciones hoja:tallo de 4.0 y 1.86 en rebrotes de 35 y 70 días, respectivamente. Estas relaciones hoja:tallos son altas, debido principalmente a que el pasto Elefante Enano, se caracteriza por poseer un entrenudo corto, en comparación a otros ecotipos, de la misma especie, de porte alto (Boddorff y Ocumpaugh, 1986).

En un experimento realizado por Fuentes (1989), en Turrialba, Costa Rica, utilizando King Grass y Elefante Enano, con seis edades al momento del corte, comenzando con 115 días y 30 días de diferencia para cada edad de corte, encontró relaciones Hoja:Tallo que oscilaron entre 2.49 y 0.85 gr/gr para el Elefante Enano. Ibrahim (1990) en el trópico húmedo bajo de Costa Rica, utilizando cinco asignaciones de MS procedente de hojas (3, 4.5, 6, 7.5 y 9 kg/100 kg de peso vivo) y cinco frecuencias de pastoreo (0, 14, 28, 42 y 56 días) reporta que la mejor relación hoja: tallo (3.0) se obtuvo con el intervalo de 42 días y la mayor intensidad de pastoreo (3.0 kg MS/ 100 Kg p.v.).

#### 2.7.6. Género *Panicum*.

##### 2.7.6.1. Origen y características generales.

El género *Panicum* contiene más de 500 especies anuales perennes, siendo la especie *Panicum maximum* la especie más importante de este género. Proceden en su mayoría de Africa tropical y son utilizadas ampliamente en las regiones tropicales del mundo (Thomas y Grof, 1986), preferiblemente en zonas con precipitaciones anuales alrededor de 1300 mm.

La gramínea más importante en la Amazonía brasileña es *Panicum maximum*, que cubre más de 3.5 millones de hectáreas, siguiéndole en importancia *Brachiaria humidicola*, a pesar de los problemas esporádicos de salivazo que presenta esta última gramínea. *P. maximum* es una especie de altos requerimientos

nutricionales, se degrada rápidamente cuando se establece en suelos pesados y se somete a sobrepastoreo (Veiga y Serrao, 1987).

Las especies de Panicum han mostrado considerable variación morfológica y de comportamiento en condiciones de sombra simulada o asociado con árboles. En el trabajo de Wong y Wilson (1980), bajo condiciones de sombra equivalentes al 60 y 40% de plena luz solar, empleando mallas de "Sarlón" y defoliación a dos frecuencias, en pasturas puras y asociadas de Panicum maximum var trichoglume cv. Petrie y Macroptilium atropurpureum cv. Siratro, encontraron que la gramínea bajo condiciones de sombra tuvo un mayor índice de área foliar, mejor distribución del área foliar en altura, más bajos coeficientes de extinción de luz, mayor acumulación de nitrógeno en todas las fracciones de la planta, y las hojas individuales presentaban una mayor actividad fotosintética, mientras en la leguminosa mostró valores contrarios.

En una plantación de Leucaena cuyos árboles estaban distanciados 5 metros entre ellos, una de las especies forrajeras identificadas como capaces de tolerar el sombrero fue el P. maximum, el cual no sólo produjo cantidades apreciables de forraje, sino también tendió a mantener ese nivel de producción estable (Hutton, 1981).



Los resultados obtenidos por Rocha et al. (1983), muestran la alta producción de hojas con respecto a la cantidad de tallos en todos los ecotipos de P. maximum, superando a la B. brizantha cv. Marandú tanto en producción como en la relación hoja:tallo.

Un número de cultivares de P. maximum ha sido utilizado ampliamente en América tropical, particularmente en Brasil y Costa Rica, resultando en altos niveles de producción animal (Rocha et al., 1983; Vallejo, 1988).

#### 2.7.6.2. Producción.

Algunos ecotipos de P. maximum CIAT 16061 y 16051 se caracterizan por alta producción de materia seca (57 y 46.8 ton/ha/año); Relación hoja:tallo de 2.6 y 2.5 (Veiga y Serrao, 1987). También Vallejos, (1988) reporta resultados de: 4377 y 3579 kg MS/ha promedio de diez cosechas cada 4 semanas; relación hoja:tallo: 2.58 y 2.53 para P. maximum 16051 y 16061, respectivamente.

#### 2.7.6.3. Valor nutritivo.

La DIVMS para hojas en P. maximum fue de 64% y 61.4%, mientras que el contenido de PC fue de 17.4% y 17.1%, para la accesiones 16051 y 16061, respectivamente (Vallejo, 1988).

### 2.7.6. Cynodon nlemfuensis. (Pasto estrella)

#### 2.7.6.1. Características generales.

El pasto estrella es una gramínea perenne, estolonífera y semierecta; oriunda de África Oriental y se ha naturalizado en América tropical. Produce abundante semillas pero de baja fertilidad, propagándose más comúnmente en forma vegetativa, a través de estolones.

En los suelos del trópico bajo centroamericano, de fertilidad adecuada se adapta y produce bien, sin embargo a medida que la fertilidad disminuye, estas pasturas tienden a degradarse (Arosemena, 1990). Esta decadencia se origina al presentar cobertura poco densa y hojas delgadas que permiten el paso de luz, a las gramíneas de porte bajo (complejo natural, ratana) y malezas, especies que compiten más eficientemente, cuando se presentan condiciones de baja fertilidad del suelo y de sobrepastoreo.

Es ampliamente conocida la capacidad del pasto Estrella para soportar carga animal alta, lo que hace posible obtener altas producciones de carne y leche por hectárea, siempre y cuando se supla de los nutrientes necesarios, especialmente nitrógeno, para compensar aquellos extraídos con su alta producción de biomasa (Van Heurk, 1990). El pasto estrella es considerado una especie de crecimiento rápido, de alto valor nutritivo y agresiva, no obstante tiende a enmalezarse si no se maneja adecuadamente. Responde muy bien a la fertilización nitrogenada. Los intervalos largos entre cortes aumenta su producción de biomasa pero disminuyen severamente su calidad.

#### 2.7.6.2. Producción.

Sin uso de fertilizantes la producción de biomasa oscila desde 6 a 17 ton MS/ha/año (Rodríguez y Morillo, 1977; Ulate, 1975), reportándose valores de hasta 32 toneladas de MS/ha/año cuando recibió 350 kg de nitrógeno (Mata, 1963) (Rodríguez y Morillo, 1977).

En un experimento realizado por Bronstein (1984), comparando una pastura de estrella asociado con árboles de Erythrina poeppigiana, con árboles de Cordia alliodora y sin árboles; reporta una producción promedio de 10.5 ton/ha/año, compuesta esta producción por 90% de estrella y 10% de malezas de hoja ancha, en el tratamiento con E. poeppigiana. En la pastura asociada con laurel la producción fue de 5.09 ton MS/ha/año compuesta de 80% gramíneas y 20 de malezas de hoja ancha. Para el caso del Estrella sin árboles, reporta una producción de 6 ton MS/ha/año, compuesta de 44 y 56% de gramíneas y malezas de hoja ancha, respectivamente.

#### 2.7.6.3. Contenido de PC y DIVMS (%).

Bronstein (1984) reporta 11.4%; 9.2% y 9.1 % de PC para el estrella asociado con Erythrina, con Cordia, y en monocultivo, respectivamente.

Bronstein (1984), reporta que la DIVMS del estrella fue semejante en las pasturas con árboles que en la pastura sin árboles. Los datos obtenidos fueron de 46.9%, 47.3% y 45.1% para los tratamientos pastura/Erythrina, pastura/Cordia y pastura sin árboles, respectivamete.

### 3. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1. Area de Estudio.

##### 3.1.1. Localización.

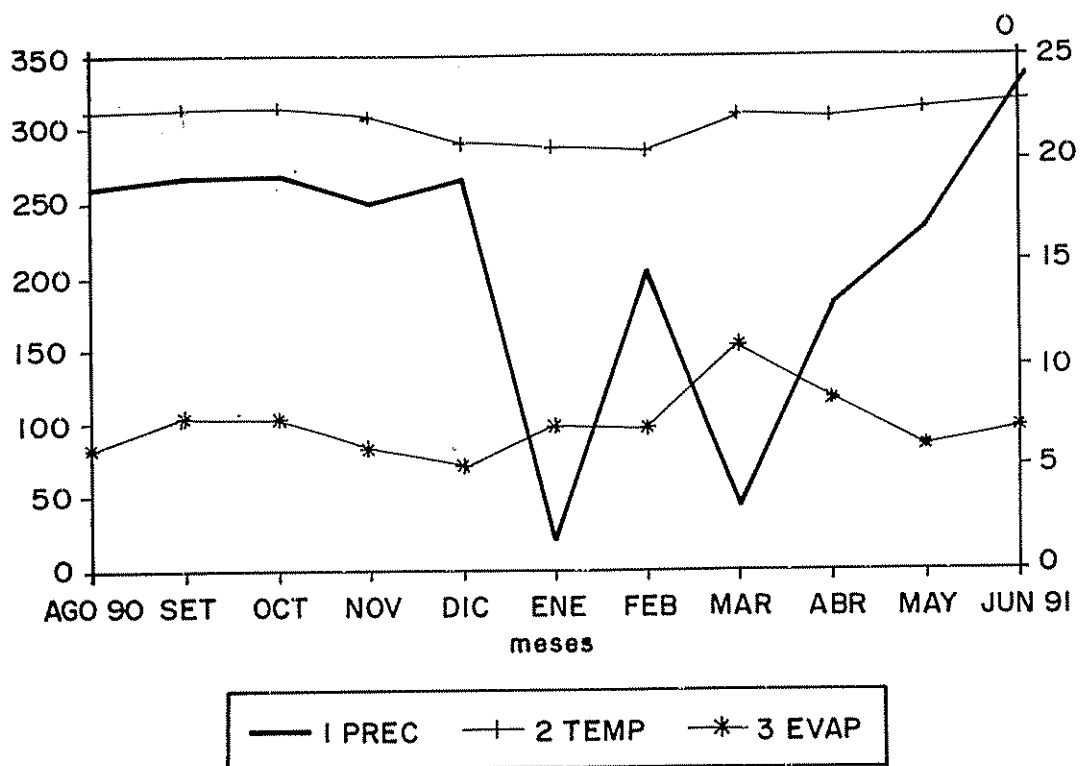
El estudio se llevó en la Estación Experimental "La Montaña" del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ubicado en Turrialba, Costa Rica.

El CATIE está localizado a: 9° 53' latitud norte y 82° 38' longitud oeste; a una elevación de 602 metros sobre el nivel del mar. De acuerdo a la clasificación de Holdridge (1978), pertenece a la zona de vida denominada "bosque muy húmedo premontano".

##### 3.1.2. Clima.

La precipitación media anual es de 2636 mm, con un promedio de 246 días de lluvia (> 0.1mm). La evaporación anual media con tanque tipo A es de 1194 mm. El balance hídrico para el período 1942-1991 indica una diferencia hídrica (precipitación < evaporación), durante los meses de febrero, marzo y abril, y en función de las reservas de agua del suelo, la deficiencia edáfica sólo se manifiesta en los meses de marzo y abril. Durante el año de 1991, se presentó este fenómeno en los meses de enero y marzo (Fig. 2).

Fig.2. Valores promedios mensuales de precipitación  
temperaturas y evaporación (1990 - 1991)



La humedad relativa es de 87% con una variación mensual de  $\pm 3\%$  y la temperatura media anual es de 21.7 °C, con una máxima y mínima media anual de 26.9 °C y 17.8 °C. La radiación solar media es de 430 Ly/día y el brillo solar medio es de 4,6 horas por día.

### 3.1.3. Suelos.

Los suelos donde se realizó el experimento son aluviales de drenaje imperfecto, desarrollados sobre una antigua cuenca fluviolacustre. Pertenecen a la serie "Instituto fase normal" y se clasifican como Typic Humitropept, fine, halloystic, isothermic (Kass, 1987).

La topografía es plana con microrelieve ondulado y con una pendiente general de 0 a 3%. La tabla de agua se mantiene de 1,3 m a 0,3 m de profundidad para la estación menos y más lluviosa, respectivamente. De acuerdo a los análisis realizados, los suelos son de textura franco arcillosa, con pH promedio de 5; el contenido de materia orgánica en promedio es de 6.18% y el de Nitrógeno varía entre 0.29 y 0.35 por ciento.

### 3.2. Antecedentes del Experimento.

En 1977, se instaló un experimento en el CATIE, llamado "Ensayo Central de sistemas con cultivos de ciclo corto, medio y largo o perennes" (Fig.3), cuya finalidad era comparar diferentes sistemas agroforestales y observar su evolución, en el tiempo (Burgos y Enríquez, 1988). Posteriormente, se concentró la atención en los sistemas agroforestales formados por las combinaciones de café y cacao, con árboles de laurel o poró como sombra, abandonándose la toma de datos en el resto de tratamientos.

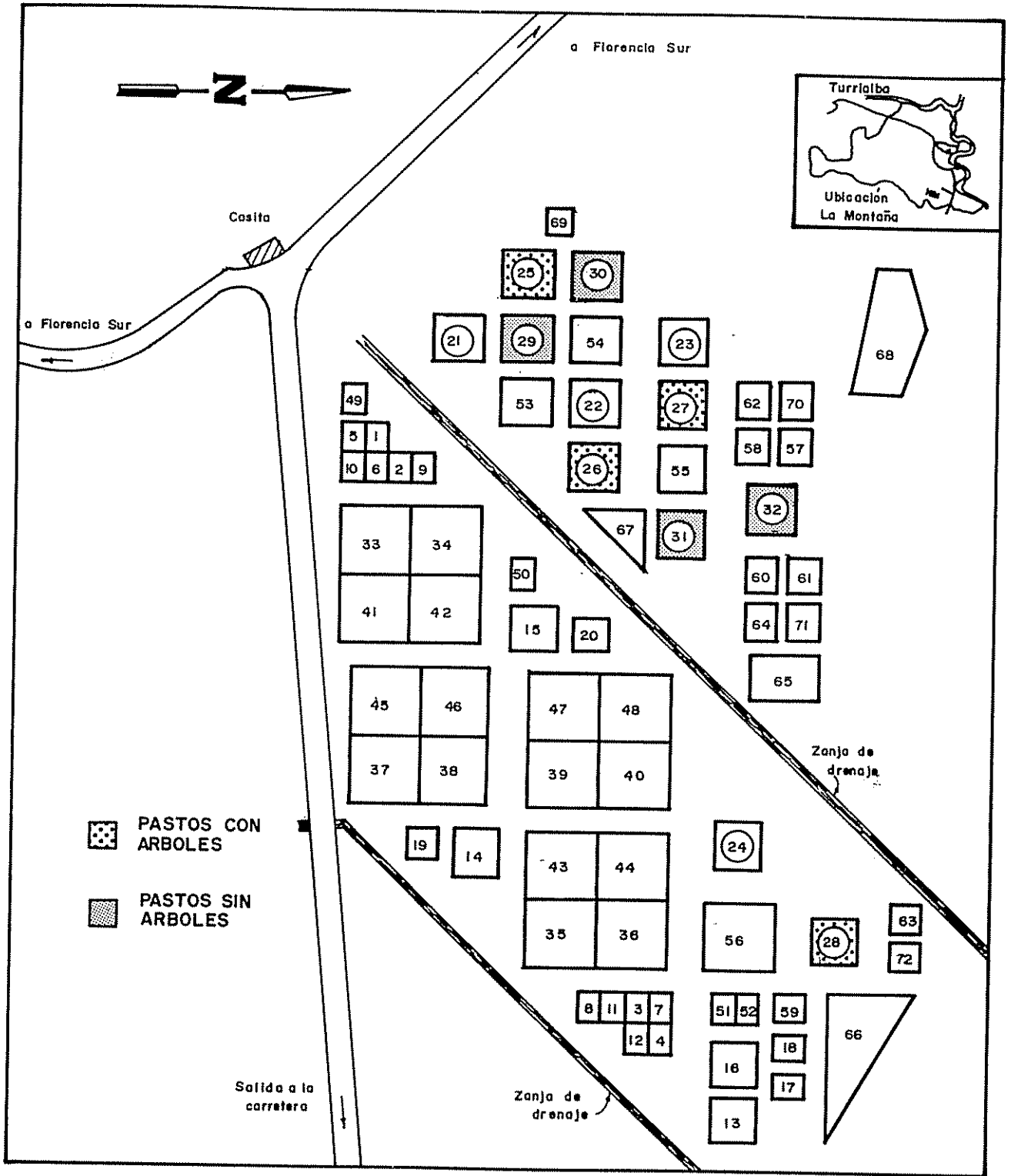


Fig.4 Plano general (sin escala) del experimento central de plantas perennes. 1977. La Montaña, CATIE, Turrialba

Los tratamientos de E. poeppigiana asociada con estrella y estrella en monocultivo, fueron las parcelas que después de las modificaciones del caso, se usaron en el presente experimento.

En las parcelas de estrella con poró existen 16 árboles, distanciados a 6 x 6 metros, cuyas líneas tienen orientación este-oeste. La densidad de árboles por hectárea es de 278 árboles, los cuales fueron plantados desde 1977.

Para efectos del estudio se trabajó únicamente, con los cuatro árboles centrales como parcela útil, considerando el resto como árboles de borde (Fig. 4).

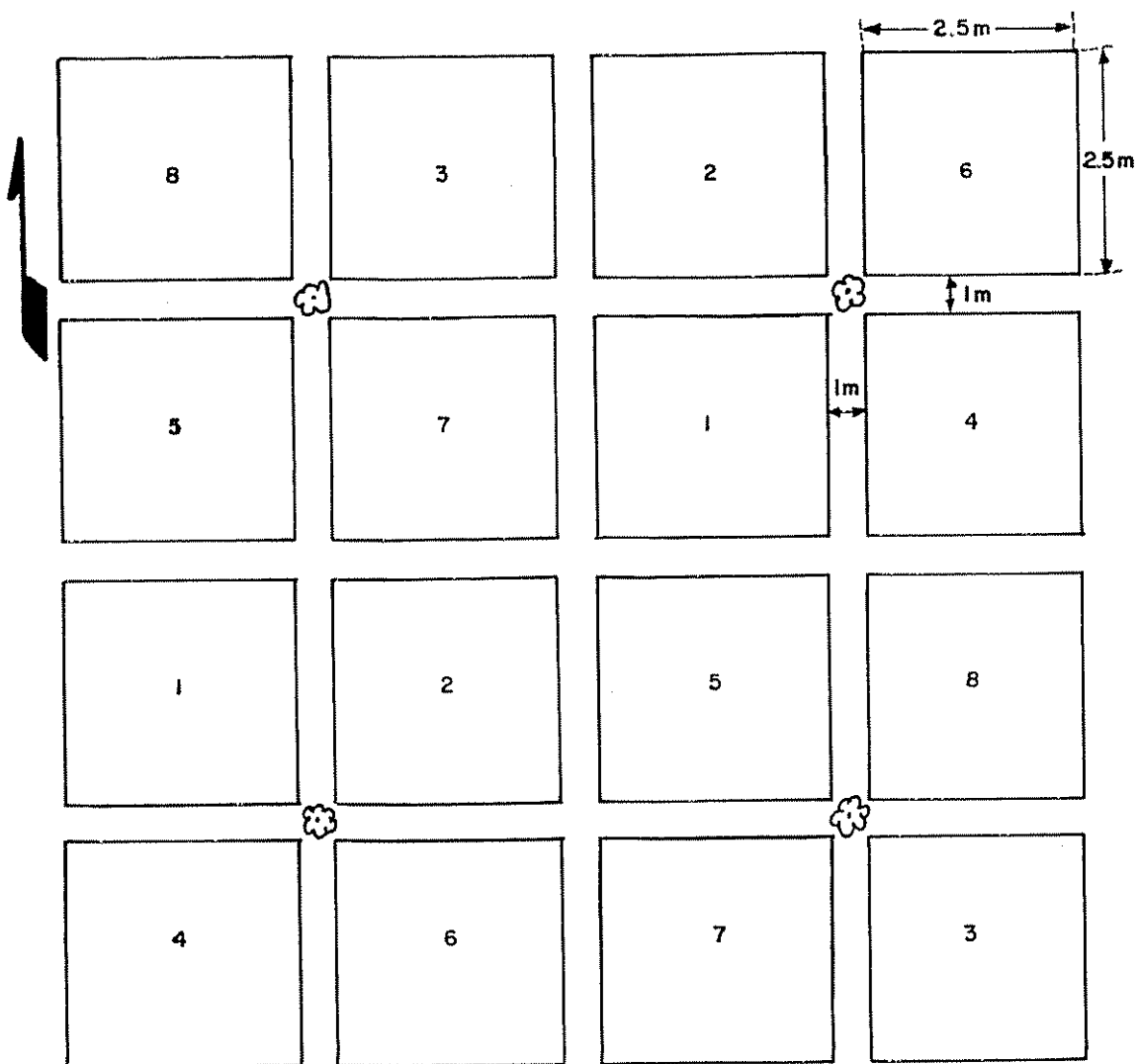
### 3.3. Modificaciones a las parcelas existentes.

Los árboles de poró fueron uniformizados en mayo de 1990, podándose a una altura de 2.5 m., sin dejar muñón alguno. Estos árboles tenían casi siete años de no podarse. Cada una de estas parcelas tiene un área de 324 m<sup>2</sup> (18 x 18 m), pero el área útil fue de sólo 100 m<sup>2</sup>. En ellos se localizaron 16 sub-subparcelas o unidades experimentales de 6.25 m<sup>2</sup> donde se establecieron las diferentes especies bajo evaluación (Fig. 4).

#### 3.3.1. Preparación del terreno

En junio de 1990, se procedió a chapear el pasto estrella y otras malezas existentes, sacando los residuos fuera del ensayo, dejándolas rebrotar para aplicarles 45 días más tarde el herbicida Glifosato, utilizando una dosis de 300 cc. por bomba de 5 galones, aplicado a bajo volúmem.





Números = Gramíneas

☼ = Arboles

Fig. 4 Croquis de una parcela grande (repetición)

La preparación del terreno consistió en el aflojamiento manual del terreno con palín (manualmente) hasta una profundidad de 25 cm, encontrándose gran cantidad de raíces de poró y una población elevada de jobotos (Phillophaga menetriesii). Para su control se utilizó el Counter, en dosis de 1kg/300 m<sup>2</sup>, aplicado al voleo e incorporado al suelo en el momento de su preparación. A finales de agosto, se procedió a realizar la siembra de las gramíneas forrajeras utilizando material vegetativo procedente de la Estación Experimental "Los Diamantes", del Ministerio de Agricultura y Ganadería, en Guápiles.

### 3.3.2. Tratamientos (Variables Independientes).

Los tratamientos estuvieron dispuestos en un arreglo factorial de dos sistemas de cultivo (asocio con *E. poeppigiana* y monocultivo) y ocho gramíneas.

Las especies forrajeras consideradas en este estudio, fueron aquellas que presentaban características promisorias, a través de las evaluaciones agronómicas realizadas, en ecosistemas semejantes (Vallejo, 1988; Ibrahim, 1990).

Las ocho gramíneas que se evaluaron fueron las siguientes:

- 1- Brachiaria brizantha CIAT 664 (Bb 664).
- 2- Brachiaria brizantha CIAT 6780 (Bb 6780).
- 3- Brachiaria dictyoneura CIAT 6133 (Bd 6133).
- 4- Brachiaria humidicola CIAT 6369 (Bh 6369).
- 5- Panicum maximum CIAT 16051 (Pm 16051).
- 6- Panicum maximum CIAT 16061 (Pm 16061).
- 7- Pennisetum purpureum cv Mott (EE).
- 8- Cynodon nlemfuensis (Estrella).

### 3.3.3. Manejo de las gramíneas y árboles de poró durante el Ensayo (1990 - 1991).

Las pasturas fueron manejadas como "pasto de corte", es decir, el material verde producido en los puntos de muestreo fue cortado cada 35 y 42 días para las especies estoloníferas y erectas, respectivamente. El forraje procedente del muestreo se retiraba de la parcela, sin embargo el material correspondiente a la uniformización y material de borde, se depositaba en los linderos de la unidad experimental con la finalidad de no interferir con el rebrote posterior de los forrajes. Durante los meses posteriores no se aplicaron insecticidas ni fertilizantes. El único agroquímico que se aplicaba era el glifosato, cada vez que se ameritaba combatir las malezas alrededor de las repeticiones, principalmente el gamalote (Paspalum fasciculatum).

Posteriormente a la poda de uniformización efectuada en mayo de 1990, los árboles de poró se podaron a 2.5 m de altura, el 4 de enero y el 4 de julio de 1991, es decir a intervalos de seis meses después de la uniformización. Las hojas de poró se depositaron en los linderos de las unidades experimentales, mientras que las ramas fueron retiradas de las parcelas, para facilitar el manejo del experimento.

### 3.3.4. Diseño del Experimento.

#### 3.3.4.1. Diseño de campo y tratamientos.

El diseño utilizado es de tipo completamente al azar en parcelas sub-sub-divididas. El tratamiento de parcela grande fue el árbol, habiendo cuatro parcelas de forraje asociadas con árboles, cada una de ellas de 18 x 18 m.

Cada una de las parcelas grandes estaba dividida en dos repeticiones de 9 x 18 m, con orientación este-oeste. En cada repetición quedaron comprendidos dos árboles y bajo el dosel de cada uno de ellos, cuatro forrajes en cuatro cuadrantes (Fig. 4)

Las repeticiones de tratamiento están compuestas de dos subparcelas. Cada una de las dos subparcelas se encuentra formada por ocho unidades experimentales o sub-subparcelas diferentes, correspondiendo a los ocho materiales forrajeros en estudio. Las repeticiones aparecen así ocupando el nivel de sub-parcela y los forrajes de sub-sub-parcela. La distribución de los forrajes se hizo en forma sistemática, con la finalidad de rotarlos equitativamente bajo el dosel arbóreo, ocupando cada uno de los cuatro cuadrantes posibles. El objetivo de esta disposición fue evitar posibles diferencias debidas al efecto de la copa arbórea y de las condiciones ambientales en un determinado rumbo (orientación).

Los puntos de muestreo en número de tres, ubicados en cada unidad experimental en forma diagonal, correspondiendo el número 1 con aquél más cercano al árbol y así sucesivamente hasta el número tres en el otro extremo. El punto 2 de muestreo se ubicó en el centro de la unidad experimental (Fig. 6).

#### 3.3.4.2. Modelo matemático.

El modelo matemático empleado en el análisis estadístico de las variables estudiadas fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = M + T_i + E(a)_{ij} + B(R)_{jk} + F_l + T * F_{il} + E(b)_{ijkl} + POS_m + T * POS_{im} + F * POS_{lm} + T * F * POS_{ilm} + E(c)$$

donde:

$Y_{ijklm}$  = Valor de la característica en estudio observado en la unidad experimental ( $ijkl$ ).

$M$  = Efecto común a todas las observaciones.

$T_i$  = Efecto debido al tratamiento  $i$ , ( $i = 2$ ).

$E(a)_{ij}$  = Error tipo a.

$B(R)_{jk}$  = Efecto de la subparcela  $j$ , dentro de la repetición  $k$ .  $j = 16$ ;  $k = 8$ .

$T * F * POS_{ilm}$  = Efecto de la interacción del tratamiento sobre el forraje en cada punto de muestreo.

$F_l$  = Efecto debido al forraje

$T * F_{il}$  = Efecto de la interacción debida al Tratamiento  $i$ , sobre el Forraje  $l$ .

$E(b)_{ijkl}$  = Error tipo b.

$POS_m$  = efecto de la ubicación del punto de muestreo  $m$ .  $m = 3$

$T * POS_{im}$  = Efecto debido al tratamiento sobre la ubicación del punto de muestreo.

$F * POS_{ilm}$  = Efecto debido al forraje según ubicación del punto de muestreo, en la unidad experimental.

$lapBloque$ ;  $R$  = Repetición;  $F$  = Forrajes;  $POS$  = Posición del punto de muestreo;  $E(a) = R * T$ ;  $E(b) = R * B * F(T)$ .

$E(c)$  = Errores aleatorios con media 0, varianza  $\sigma^2$  y correlación entre sí.

### 3.3.5. Descripción de la Unidad Experimental.

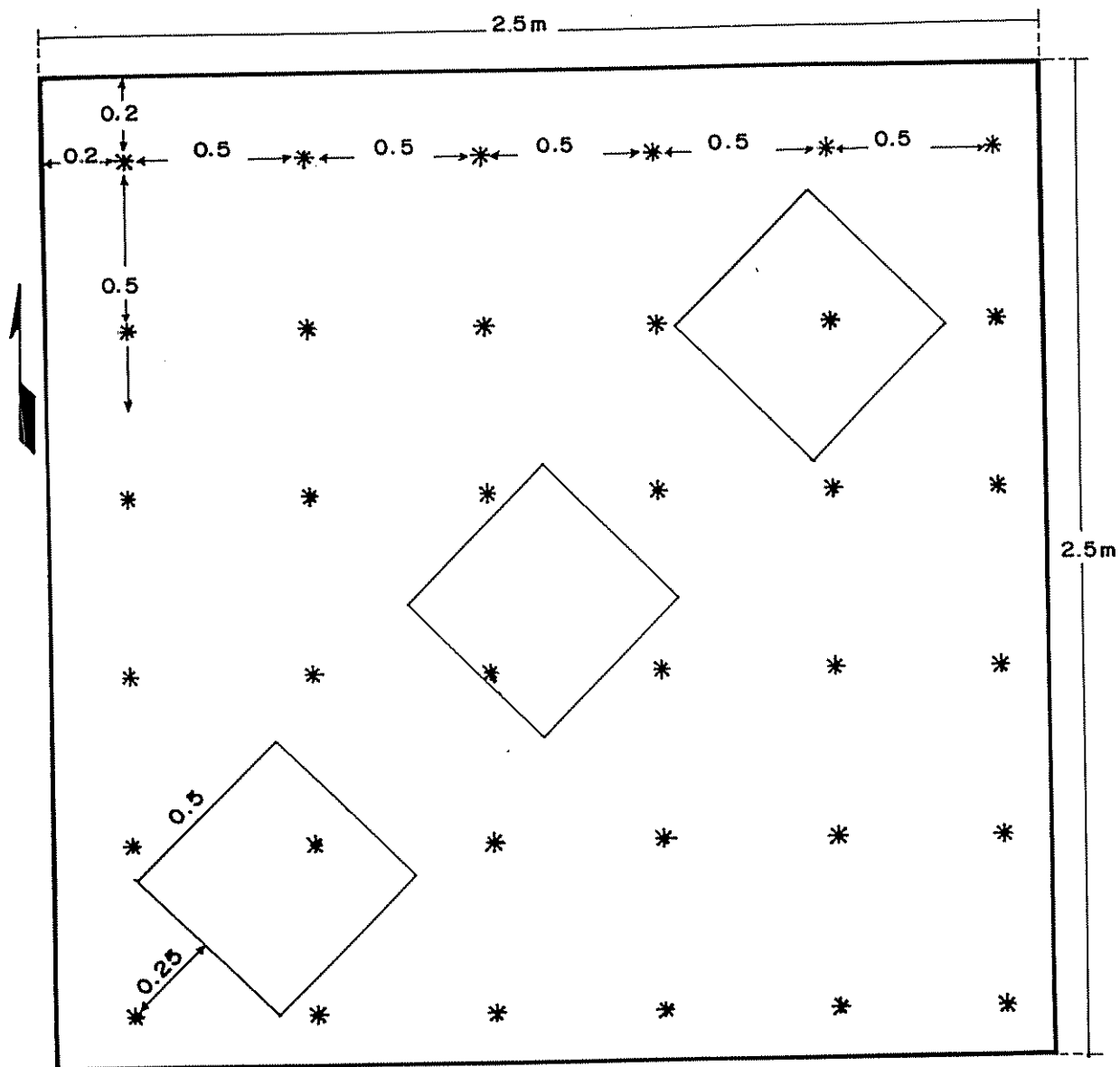
La unidad experimental tiene un área de 6.25 m<sup>2</sup> (2.5 x 2.5), ubicadas en las parcelas principales de 18 x 18 m. En cada una de estas unidades experimentales, el material forrajero está compuesto de una gramínea que puede ser de hábito de crecimiento estolonífero, semierecto o erecto. El número de plantas por unidad experimental será para el caso de las estoloníferas y semierectas de 25, sembradas a una distancia de 0.5 m x 0.5 m, formando un total de 5 surcos y cinco plantas por surco (Fig. 5).

Los bordes están formados por aquellas plantas ubicadas en la periferia, utilizándose para efectos de muestreo el material vegetativo comprendido en marcos de 0.25 m<sup>2</sup>. Estos puntos de muestreo se conservaron hasta el final del experimento y estuvieron dispuestos en un transecto a 1, 2 y 3 metros del árbol, respectivamente (Fig. 6).

Se consideró como puntos de muestreo en orden ascendente (nº 1, 2 y 3) correspondiendo a las distancias más cercana intermedia y más lejana del árbol, respectivamente (Fig. 6). En aquellas variables donde hay sólo dos puntos de muestreo, siguen el mismo orden establecido para las otras variables, utilizándose para el muestreo los puntos nº 1 y 3, únicamente.

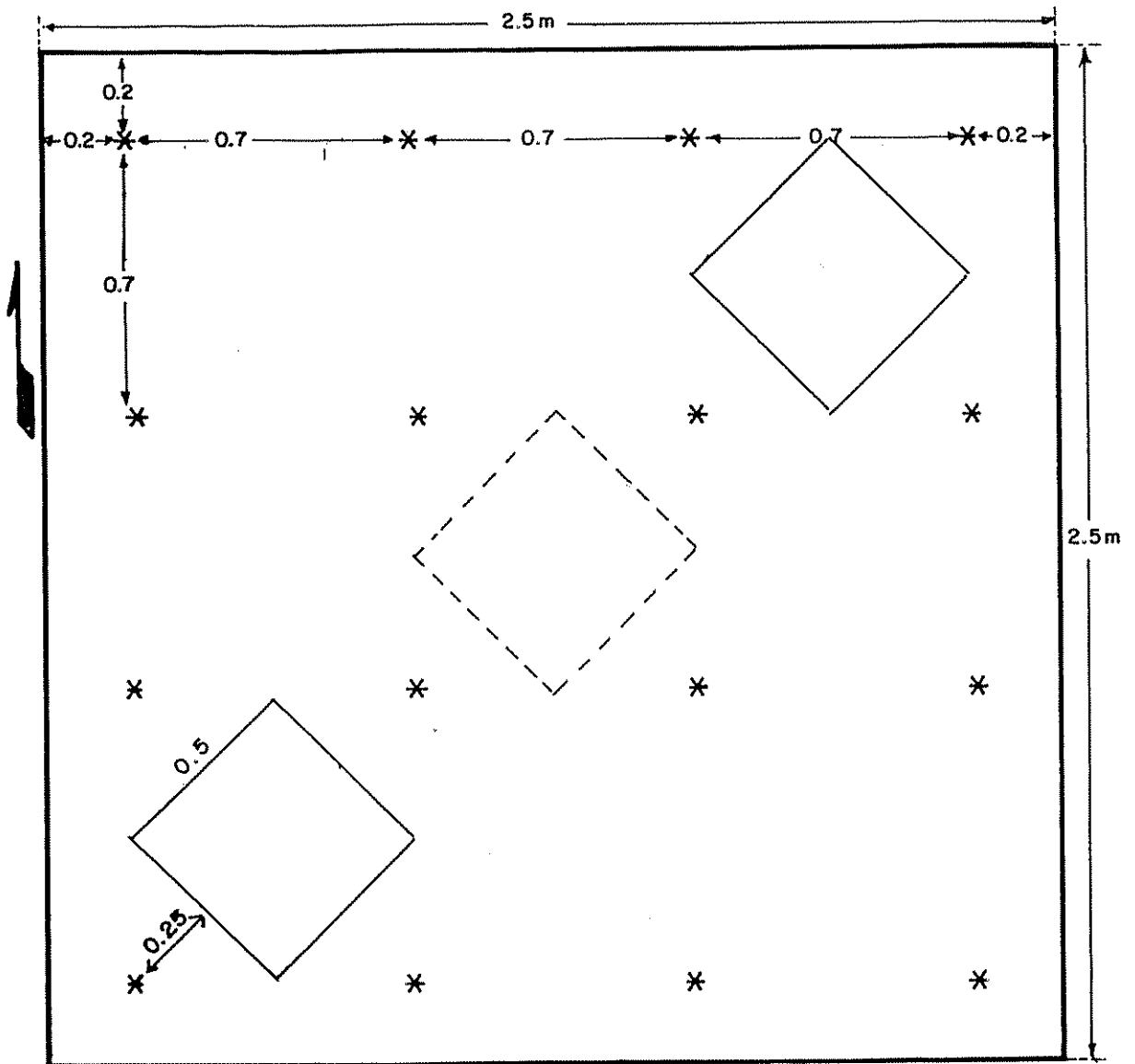
Para el monocultivo, durante los muestreos se colocaron estacas con el fin de simular la presencia del árbol y así realizar todas las observaciones, en el mismo orden establecido para el tratamiento con árboles.

En el caso de las especies erectas, la distancia entre surcos y entre plantas fue de 0.7 m., distribución espacial que origina la cantidad de 4 surcos en la parcela, compuesto cada uno de ellos por cuatro plantas (Fig. 6). Para efecto de muestreo se usó un marco de 0.25 m<sup>2</sup>, utilizando el mismo esquema de muestreo que para las especies estoloníferas, sin embargo la altura de corte fue diferente: 10 y 30 cm. para las estoloníferas y erectas, respetivamente.



\* Gramínea erecta

Fig. 5 Croquis de una parcela con gramínea estolonífera



\* Gramínea erecta

Fig. 6 Croquis de una parcela con gramínea erecta



### 3.4. Variables evaluadas.

#### 3.4.1. Características del suelo.

Se llevaron a cabo análisis para determinar la fertilidad, capacidad de intercambio catiónico, Nitrógeno y de materia orgánica del suelo, al inicio del experimento. Estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Suelos del CATIE, con la finalidad de hacer una caracterización de los mismos y apreciar las posibles diferencias con análisis practicados en el mismo sitio en años anteriores. Se realizó un muestreo en cada repetición de tratamiento, obteniéndose dos submuestras de cada unidad experimental procedentes del punto de muestreo número 1 y 3 respectivamente (Fig. 6). La profundidad de muestreo fue de 15 cm de profundidad.

### 3.5. Variables morfológicas.

#### 3.5.1. Cobertura:

La cobertura se midió utilizando el método propuesto por la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), utilizando un marco de 0.5 x 0.5 m. Se fijaron 3 puntos en cada unidad experimental, como se mencionó anteriormente, realizándose la estimación de esta variable un día antes de la cosecha del forraje. Debido al modelo utilizado y a los efectos anidados, el análisis de datos para esta variable, fue necesario hacerlo en forma independiente ciclo por ciclo.

### 3.5.2. Area Foliar:

De una submuestra extraída al azar de material verde de peso conocido, se separó las hojas y se midió el área foliar, utilizando el aparato Licor 300, el cual reporta el área foliar en  $\text{cm}^2$ .

Posteriormente, las hojas medidas se introdujeron al horno para su secado a una temperatura de  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante un lapso de 72 horas, hasta obtener peso constante y así obtener a través de una regresión valores predictivos de área foliar con los datos de producción de materia seca de hojas. La cantidad de gramos de materia seca así obtenida correspondía entonces a "X" centímetros cuadrados de área foliar, obtenidos de la medición en el aparato Licor 300.

Las mediciones se efectuaron cada 35 y 42 días para las especies estoloníferas y erectas, respectivamente y los datos obtenidos se expresaron como Índice de Area Foliar ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ ).

### 3.5.3. Altura de las Plantas:

La altura de las plantas se determinó desde el nivel del suelo hasta el punto más alto de la hoja superior utilizando una estadia (regla graduada de uso topográfico), sin estirar el follaje ni incluir la inflorescencia. Esta labor se realizó un día antes del corte para producción de biomasa, en tres sitios fijos ubicados en cada unidad experimental, siguiendo el mismo transecto del muestreo para producción de materia seca.

#### 3.5.4. Relación Hoja:Tallo (H:T):

En los sitios fijos 1 y 3 de muestreo (Fig. 6), el forraje verde obtenido en cada marco (0.25 m<sup>2</sup>), se pesó en una balanza electrónica con capacidad de un kilo.

Una vez pesado, se procedió a separar la cantidad cosechada en hojas y tallos. Se pesó cada uno de estos componentes para posteriormente ser secados y cuantificar la relación H:T, la cual fue expresada en gr/gr MS.

#### 3.5.5. Número de Rebrotos/m<sup>2</sup>:

Se contó el número de rebrotes presentes en un marco de 0.25 x 0.25 m, en las especies estoloníferas en los tres puntos de muestreo fijos, ubicados en el transecto de muestreo (Fig. 6). Para las especies de porte erecto y semierecto este conteo se efectuó en las cuatro cepas ubicadas en el transecto de muestreo. Esta cuantificación se realizó a los 15 días posterior a la cosecha, del primer y cuarto ciclo de muestreo, lapso suficiente para comparar la tendencia seguida por cada especie. La densidad de rebrotes se estimó como el número de rebrotes/m<sup>2</sup>.

#### 3.5.6. Diámetro basal de las macollas.

El diámetro basal se midió a nivel del suelo, sólo en las cuatro especies de crecimiento erecto y semierecto. Se utilizó una forcípula de uso forestal, midiendo cuatro plantas desde la más cercana al árbol hasta la más alejada en el transecto definido en la unidad experimental. Las mediciones se llevaron a cabo en el primer y último ciclo, comparando así la evolución del tamaño de las macollas, en cm.

### 3.5.7. Densidad de puntos de enraizamiento.

Esta variable se cuantificó en las cuatro especies estoloníferas, utilizando un marco de 0.5 \* 0.5 m, en tres puntos fijos de muestreo utilizados también para medir otras variables. Se contabilizó el número de puntos de enraizamiento secundario emitidos por cada especie hasta el primer ciclo y quinto muestreo. Esta variable se expresa como número de nudos enraizados/m<sup>2</sup>

### 3.6. Cantidad de Luz Fotonsintéticamente Activa.

Se utilizó un Ceptómetro Sunfleck "Decagon", en la opción Nº 5, el cual reporta la cantidad de luz fotosintéticamente activa del total de luz incidente en un punto determinado; realizándose en este estudio observaciones sobre los tres puntos fijos de muestreo, ubicados en cada unidad experimental. Para mayor precisión las mediciones se realizaron cuando existía luz solar directa en las tres horas establecidas para llevar a cabo la medición. Estas horas fueron 9 am, 11.30 am y 2 pm (Nygren, (1990), quién determinó que el sol está en el Zenit a las 11.30 para Turrialba. La medición se realizó sobre la parte superior del follaje de cada especie. La cantidad observada en el Ceptómetro se reporta como porcentaje de la cantidad de luz apta para fotosíntesis en campo abierto, en micromoles/m<sup>2</sup>/seg. Los datos obtenidos de las mediciones realizadas en las parcelas con árboles, se reportan como porcentaje (%) de la cantidad de luz fotosintéticamente activa en campo abierto.

### 3.7. Producción de Materia Seca:

Para la cuantificación de la materia seca los cortes se realizaron cada 35 y 42 días, para las especies estoloníferas

Para la cuantificación de la materia seca los cortes se realizaron cada 35 y 42 días, para las especies estoloníferas y erectas (Cuadro 4), respectivamente, utilizando un marco de 0.25 m<sup>2</sup> y a las alturas convenidas de 10 y 30 cm. para las estoloníferas y erectas, respectivamente.

Cuadro 4. Meses de muestreo para materia seca y podas del poró (Mayo 1990 - Julio 1991).

	May	Ago	En	Fe	Ma	Abr	May	Jun	JUL
Unififormización Poró	X								
Siembra pastos		X							
Primera poda poró.			X						
Uniformización pastos			X						
Ciclo 1				X					
Ciclo 2						X			
Ciclo 3							X		
Ciclo 4								X	
Ciclo 5									X
Segunda poda poró									X

En cada unidad experimental se extrajo una submuestra de forraje al azar de aproximadamente 200 gr para determinación de materia seca. El porcentaje de materia seca obtenido de la submuestra, se multiplicó por la cantidad de forraje total (hoja + tallo) obtenido en cada uno de los puntos de muestreo, para la variable Hoja:Tallo; resultado que se reportaba en Kgs MS/ha/punto de muestreo. Los resultados obtenidos para cada especie se comparó con aquéllas de hábito de crecimiento similar: a) Grupo de especies erectas y semierectas y b) aquel compuesto por las estoloníferas.

### 3.8. Contenido de PC. y DIVMS en hojas de gramíneas..

Esta variable fue estimada en los tres primeros ciclos de corte, utilizando para ello las muestras de hojas, obtenidas en la estimación de la relación H:T. En la determinación de la PC se siguió el método micro-Kjeldahl (AOAC, 1984) y la digestibilidad in vitro de la Materia Seca (DIVMS), por el método de Tilley y Terry (1963).

### 3.9. Mediciones realizadas en el poró.

#### 3.9.1. Medición de la Copa del Poró.

Después de dos meses de realizada la poda de los árboles, se comenzó a medir el diámetro de la copa en ocho puntos distintos, comenzando con la orientación: Norte, NorEste, Este, SurEste, Sur, Suroeste, Oeste, finalizando con la NorOeste. Se utilizó un clinómetro marca "Sunto", para indicar el extremo hasta donde se extendía en esa dirección la copa del poró. Ese punto más externo era distinguido poniendo una varilla recta de 3 metros de largo en posición vertical. La distancia se medía desde el centro del tronco hasta el punto indicado por la varilla. Cada una de las ocho medidas representaba un "radio" de la circunferencia de la copa.

#### 3.9.2. Producción de biomasa de Poró.

Cada 6 meses se podaron totalmente los cuatro árboles centrales de poró, cortando las ramas a ras del tronco. Se midió la cantidad de biomasa producida por cada árbol, separada en sus componentes: tallo leñoso, tallo tierno y hojas. De cada uno de estos componentes se extrajeron submuestras representativas para obtener datos del contenido

de materia seca. El resto de los árboles se uniformizaron el mismo día, y se procuró que la poda coincidiera con alguno de los muestreos de gramíneas, a fin de no interferir con el desarrollo normal del ensayo y evitar daños durante el período de recuperación de las pasturas. La biomasa de hojas se dejó descomponer en la parcela podada en los espacios que dividen las unidades experimentales, sacando únicamente las ramas fuera del ensayo, para facilitar el manejo posterior del experimento.

### 3.10.3. Densidad de Malezas:

Para cuantificar la densidad de malezas esta variable se utilizó un marco de 0.5 m x 0.5 m, procediendo al conteo de las malezas, un día antes de realizar la cosecha del forraje. Para este propósito se utilizaron los tres puntos fijos de muestreo, ubicados en cada unidad experimental, reportando los resultados como número de malezas /m<sup>2</sup>. En el mismo formulario se indicaba cuales eran las especies de malezas presentes, y en caso que no se conociera se recogía una planta para su identificación.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION.

La presencia o no de árboles afectó de diferente manera las variables estudiadas. Los resultados obtenidos del experimento, se discutirán en el siguiente orden: características del suelo, variables morfológicas, medición de luz fotosintéticamente activa, producción de materia seca, variables cualitativas de las forrajeras, variables relacionadas con el poró y plagas y enfermedades más importantes que atacaron los pastos.

Para entender lo sucedido durante los cinco ciclos analizados para estas variables de respuesta, no se deben de perder de vista el manejo bajo podas que se aplicó a los árboles de poró y las condiciones climáticas que imperaron durante el experimento (Fig. 2).

##### 4.1. Características del suelo.

Los resultados del análisis de suelo se muestran en el Cuadro 5. Como se puede notar, existieron diferencias al inicio del estudio, entre las parcelas asociadas con poró y solas en algunos de los parámetros analizados. En el caso del pH, la tendencia fue a presentar cifras menores en las parcelas asociadas, en tanto para la materia orgánica, ésta tiende a ser mayor en las parcelas con poró.

El nitrógeno muestra valores superiores en el tratamiento asociado, cuando se compara con el monocultivo,



características que se relacionan con el ciclado de nutrientes cuando está presente el poró.

Cuadro 5. Análisis químico de los suelos (0-15 cm) de las parcelas asociadas con poró y solas 1/.

P l o t	pH	M.O %	N.tot %	P ug/ml	K (meq/100 ml)	Ca	Mg	Acid Ext. meq 100ml	_Cu	Zn (ppm)	Mn
Con árboles de <u>Erythrina poeppigina</u>											
25	5.0	5.24	0.35	8	0.30	2.85	1.08	0.85	18.7	3.0	7.0
26	4.9	7.11	0.35	11	0.29	2.43	0.81	1.0	18.2	2.8	8.6
27	4.9	7.11	0.34	10	0.19	2.73	1.08	1.2	21.8	3.1	7.6
28	4.8	6.83	0.33	10	0.23	1.81	0.75	1.65	20.2	3.1	7.6
X	4.9	6.57	0.34	9.75	0.25	2.46	0.93	1.18	19.7	4.0	7.7
Sin Arboles											
29	5.2	5.52	0.26	11	0.41	3.13	1.1	0.65	22.5	3.9	6.5
30	5.0	5.45	0.3	8	0.31	2.07	1.0	0.31	11.5	3.1	7.9
31	4.9	6.07	0.29	12	0.29	2.16	1.1	1.15	21.0	3.4	7.5
32	5.1	6.14	0.28	8	0.6	2.36	0.87	0.65	19.6	3.0	6.6
X	5.05	5.79	0.28	9.75	0.4	2.43	1.03	0.69	18.6	3.35	7.18

1/ Muestra compuesta de 32 submuestras por parcela grande.

#### 4.2. Variables morfológicas.

##### 4.2.1. Cobertura de las Gramíneas.

La cobertura es una variable muy importante, a través de la cual se puede obtener una estimación indirecta, del grado de adaptabilidad de un material forrajero a nuevas condiciones

edafo-climáticas. Una forrajera herbácea cuya cobertura sea satisfactoria a corto plazo es garantía para disminuir la pérdida de nutrimentos por erosión y la proliferación de malezas (Sánchez y Salinas, 1981).

En el experimento se encontró un comportamiento lógico, existiendo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la interacción tratamiento x forraje en el primer, tercero, cuarto y quinto ciclos. Estas diferencias se debieron a cambios morfológicos que realizaron las plantas al estar expuestas a estrés lumínico, sacrificando densidad foliar por altura, en tanto en el tratamiento sin árboles, las deficiencias hídricas, afectaron el grado de cobertura logrado por las gramíneas. El ataque de plagas y enfermedades incidió con severidad muy parecida en ambos tratamientos.

Las diferencias importantes, encontradas en el primer ciclo (Fig.7 y 8), fueron debidas al tratamiento previo de las gramíneas las cuales estuvieron sometidas a cuatro meses bajo sombra creciente. Durante el segundo ciclo, el desarrollo de la copa de los árboles era todavía escaso, situación que aunada a las condiciones climáticas de esas semanas (Fig. 2), influyeron para que la cobertura en los dos tratamientos fueran semejantes. En los ciclos siguientes de nuevo aparecieron diferencias, posiblemente debidas al mayor desarrollo de la copa de los árboles. Durante el primer ciclo, en condiciones de evaporación hídrica mayor que la precipitación (Fig. 2), las gramíneas forrajeras del tratamiento con árboles exhibieron mayor cobertura que el tratamiento no asociado. El mejor comportamiento de las forrajeras en el tratamiento con árboles, se debe entre otras: a las mejores condiciones físicas del suelo, al ciclaje de nutrientes y posiblemente a las mejores condiciones ambientales en esas parcelas durante la fase del establecimiento.

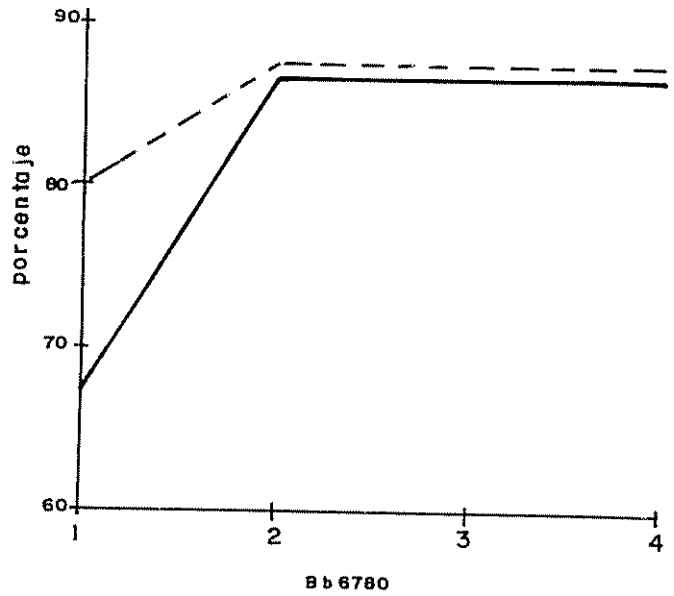
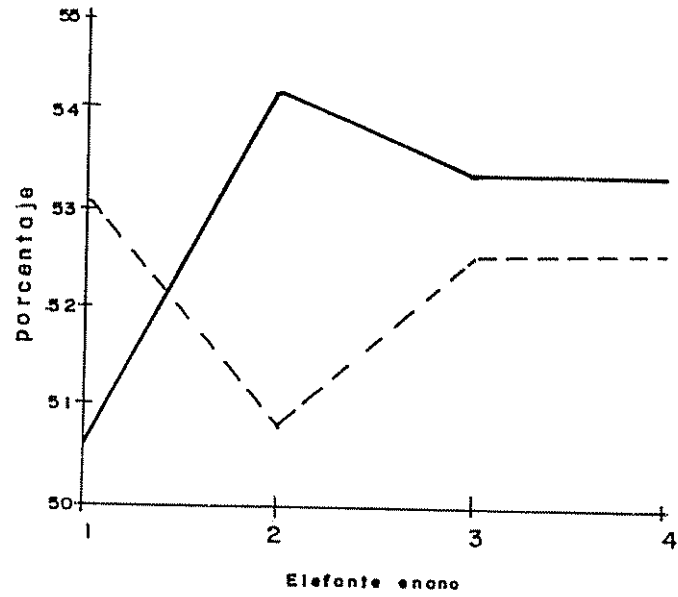
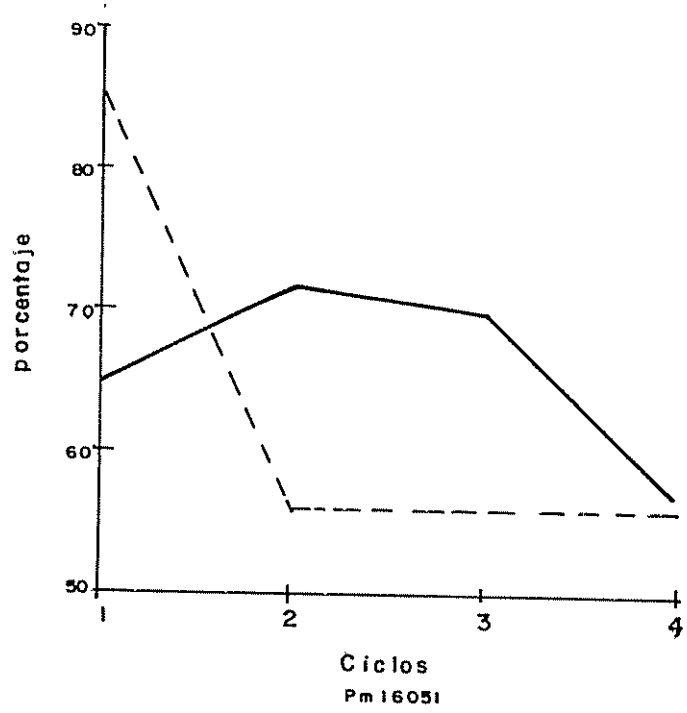
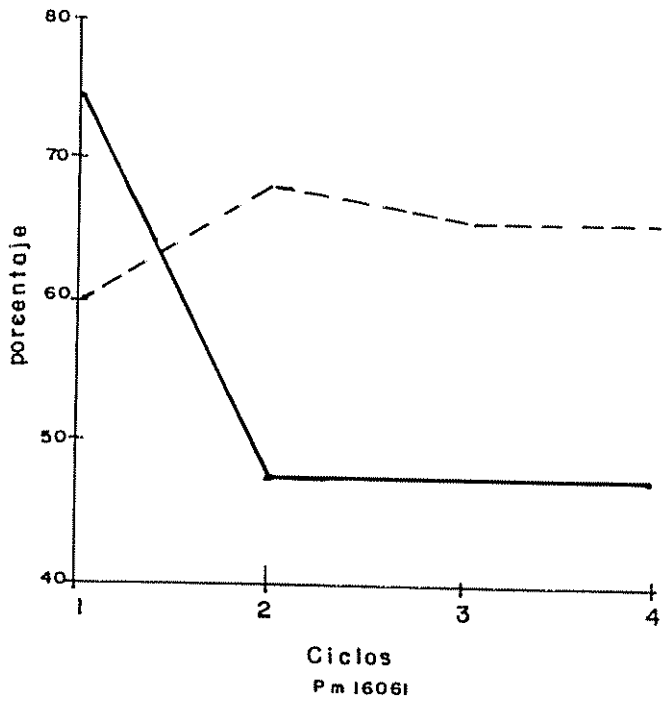
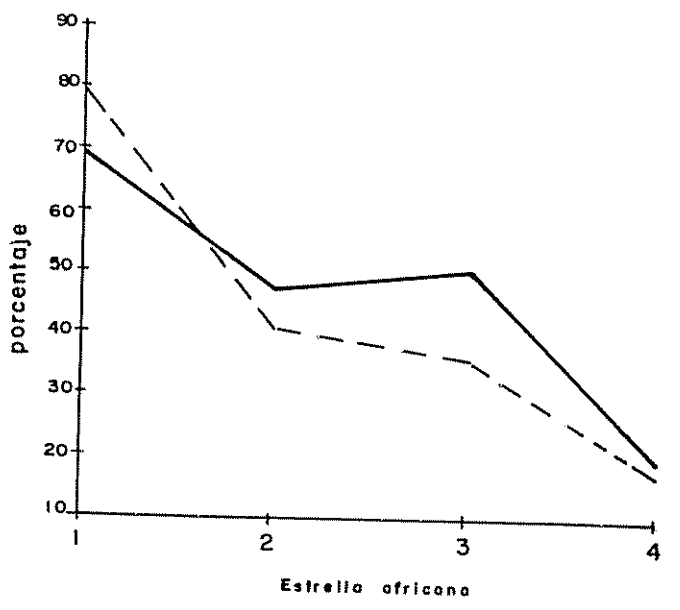
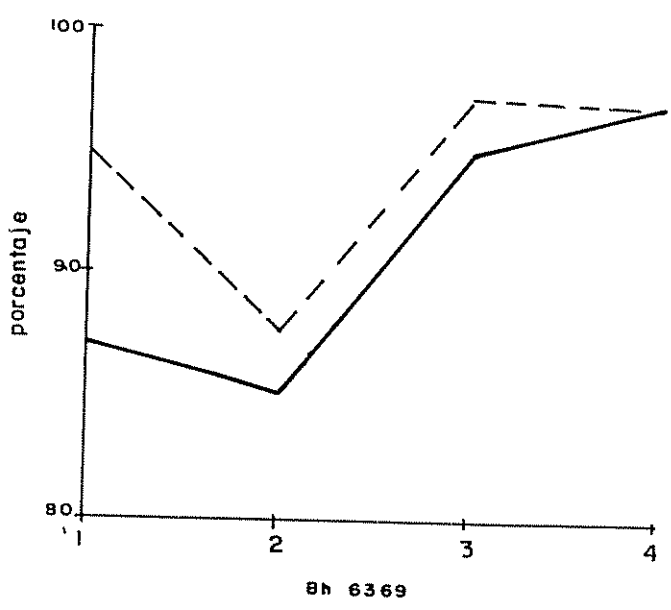
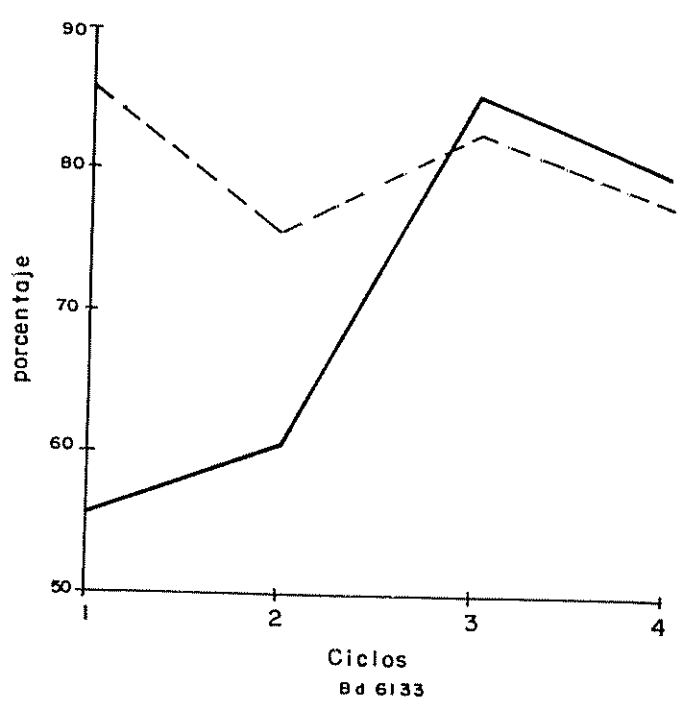
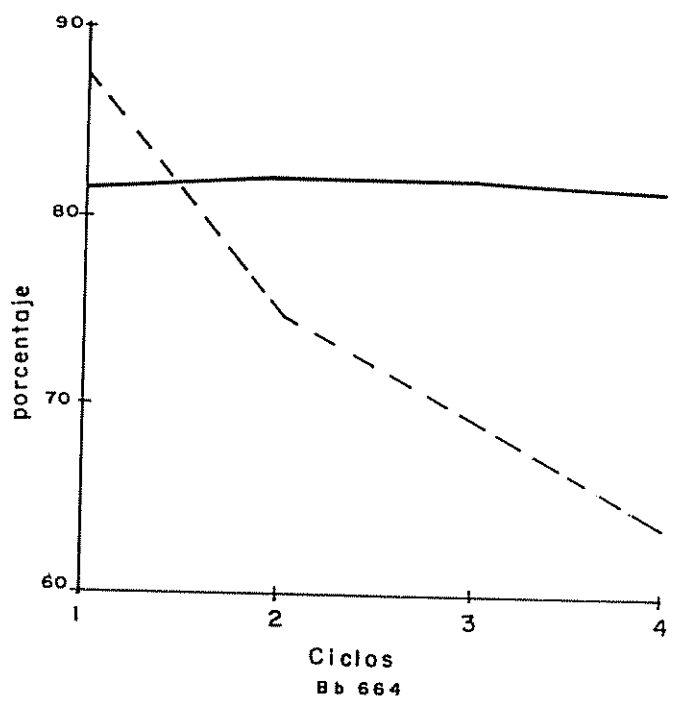


Fig. 7 Cobertura de cuatro gramíneas erectas por ciclo y tratamiento

SIMBOLOGIA

———— CON ARBOLES

- - - - SIN ARBOLES



**Fig. 8 Cobertura de cuatro gramíneas estoloníferas por ciclo y tratamiento**

**SIMBOLOGIA**  
 ——— CON ARBOLES  
 - - - SIN ARBOLES

Las gramíneas que mostraron la mejor cobertura fueron: B. humidicola, B. brizantha CIAT 6780, y las peores fueron el Estrella africana y el Elefante enano (Cuadro 6).

Cuadro 6. Cobertura promedio (%) y diferencias de ocho gramíneas forrajeras según tratamiento.

-----	-----	-----	-----
Especie	Con Arb.(1)	Sin Arb.(2)	Dif:(% 1-2)
-----	-----	-----	-----
Bh 6369	91.27	94.22	- 3.16
Bb 664	81.77	81.46	+ 0.38
Bb 6780	81.66	85.42	- 4.41
Bd 6133	70.37	80.47	- 12.56
Pm 16051	69.22	62.39	+ 9.87
Pm 16061	64.80	54.32	+ 16.18
EE	52.87	39.74	+ 24.84
Cn	46.82	43.32	+ 7.48
-----	-----	-----	-----

Datos: Promedio de cinco mediciones antes de cada cosecha.

Si nos remitimos a las interacciones analizadas, observamos la tendencia de modificar su comportamiento conforme avanzan los ciclos de muestreo. Este reacción podría ser explicada al confundirse el efecto de tratamiento durante los dos primeros ciclos al podarse los árboles de poró, y la influencia de la luz solar sobre el área foliar y cobertura de las plantas (Ludlow, 1981). El efecto acumulativo de ciclo, y la presencia de plagas y enfermedades afectaron la vitalidad de las plantas y lógicamente la cobertura.

Como puede observarse en el Cuadro 6, no todos los forrajes respondieron igual en cobertura en el tratamiento asociado con árboles, sobre todo durante el primer ciclo de muestreo a pesar de la poda efectuada a los árboles de poró (Fig. 9 y 10).

Lo anterior pone de manifiesto, la existencia de un efecto del árbol más complejo y prolongado que el producido por la proyección de la sombra sobre las gramíneas subyacentes, situación que fue mantenida a través de todos los ciclos. De otra parte, la reacción de las gramíneas ante un cambio en las condiciones ambientales denota la necesidad de un período de transición morfológica, fisiológica y química, cuyo lapso dependerá de la capacidad de reacción de cada forraje (Deinun, 1966; Ludlow, 1981).

El efecto sencillo de posición fue diferente ( $P < 0.001$ ) en todos los ciclos estudiados, como resultado de condiciones diferentes según la ubicación del punto de muestreo. Como se ha expuesto anteriormente, podría ser que la sombra proyectada más temprano sobre las gramíneas más cercanas al árbol durante el crecimiento inicial de la copa (Bronstein, 1984), la posible competencia física entre los sistemas radicales de los árboles y las gramíneas (Budowski, 1981); provocó un comportamiento inferior de las forrajeras en los puntos 1 y 2 comparados con el punto 3 (más lejos del árbol), en todos los ciclos estudiados.

Las diferencias altamente significativas ( $P < 0.001$ ) para la interacción entre el tratamiento con árboles y la posición del punto de muestreo con respecto al árbol durante los dos primeros ciclos de estudio, son consecuencia del historial durante el establecimiento del experimento (4 meses bajo el dosel arbóreo).

Las diferencias existentes a pesar de la poda de los árboles de poró puede explicarse si no se pierde de vista las condiciones climáticas del período, en el cual predominó un régimen de precipitación mínima (Fig. 2). De esta manera las plantas no tuvieron las condiciones adecuadas para mejorar la cobertura del suelo, al modificar sus hábitos de crecimiento, sino del ciclo 3 en adelante. Los ajustes que realizaron los pastos de un régimen de sombra a uno de sol, hizo que no se encontraran diferencias a pesar de la instauración del régimen de sombra. Si las condiciones de pluviosidad se hubieran mantenido es posible que lapso de respuesta a ciertas variables estudiadas hubiera sido mucho menor (Auda et al., 1966).

Para la interacción debida a la posición respecto al árbol de los diferentes forrajeras, las diferencias cambiaron desde altamente significativas durante el primer ciclo, hasta significativas en los ciclos restantes. El podar los árboles produce un efecto positivo sobre la cobertura en los sitios donde se midió esta variable, estrechándose las diferencias después del primer ciclo, siendo congruente con lo expuesto por Blair et al., (1990).

Aquellas especies de porte decumbente por lo general presentan una cobertura más satisfactoria en ambos tratamientos. Esta cualidad es de mucha relevancia, pues la cobertura eficiente del suelo por la gramínea en un SSP, está relacionada con la adaptabilidad y la persistencia de la especie (Auda et al, 1966), con la productividad de forraje, la competitividad contra las malezas y con una disminución de la erosión del suelo (Blair et al., 1990).

## 4.2.2. Medición de Area Foliar.

La relación entre el área foliar, la intercepción de luz y el crecimiento posterior de las plantas de una determinada comunidad es grande. La síntesis primaria de materia seca, resulta de la actividad fotosintética principalmente de las hojas, sitio donde se ubican los cloroplastos. La eficiencia en el proceso va a depender en alto grado del tamaño, forma, posición y estructura de los órganos fotosintéticos (Vickery, 1981). En el Cuadro 7 se puede observar el comportamiento de las ocho gramíneas, con respecto a el área foliar y las diferencias encontradas entre tratamientos.

Cuadro 7. Índice de Area foliar promedio según especie y tratamiento (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)

Especie	Con Arboles	Sin Arboles	Dif UN.
Pm 16051 a	8.7	8.01	0.69
Pm 16061 b	5.48	4.15	1.33
EE c	3.51	3.58	-0.07
Bh 6369 d	4.91	2.78	2.13
Bb 6780 d	3.24	2.64	0.60
Bb 664 e	1.54	1.59	-0.05
Cn e	2.09	1.86	0.25
Bd 6133 e	1.53	2.10	-0.57
Promedio	3.87 a	<u>3.34</u> b	

Columnas y esp. con letra igual no difieren estadísticamente (P>0.05).

Datos: promedio de 5 cortes.



Las gramíneas que ostentan la mayor área foliar fueron: Pm 16051, Pm 16061 y Elefante enano (Cuadro 7). En el grupo de gramíneas de porte decumbente sobresale la Brachiaria humidicola 6369 en el tratamiento asociado con árboles, triplicando a la Bd 6133 y Bb 664, y superando sustancialmente a la B. brizantha CIAT 6780 en ambos tratamientos.

Las especies Bb 664 y Bd 6133 en el tratamiento asociado con poró, Cn y Bb 664 en el monocultivo presentaron los valores más bajos de área foliar (Figuras 9 y 10). La Bd 6133 y la Bb 664 acotadas en el tratamiento con árboles responden: la primera a su fenología de emitir tallos florales durante un período asíncrono en el trópico húmedo, con su consecuente disminución del área foliar y la segunda al ataque masivo de salivazo, el cual disminuyó el área foliar y el vigor de las plantas en ambos tratamientos. Hubo algunas especies cuya área foliar fue mayor en el tratamiento de monocultivo (EE, Bb 664 y Bd 6133), evidencia que indica un mejor comportamiento al pleno sol (Cuadro 7, Figuras 9,10).

La especie que mostró la mayor diferencia en área foliar entre tratamientos, fue la B. humidicola (43.51%), seguida del P. maximum 16061 (24.25%), teniendo el peor comportamiento la B. dictyoneura (-27.09%) para el tratamiento con árboles comparado con el no asociado (Cuadro 7).

En forma general la presencia de plagas y enfermedades afectó en igual forma todos los puntos de medición con respecto a esta variable.

#### 4.2.3. Altura de las gramíneas.

La sombra que proyectan los árboles de poró sobre el substrato herbáceo y el reciclaje de nutrientes, produjeron modificaciones morfológicas en las plantas.

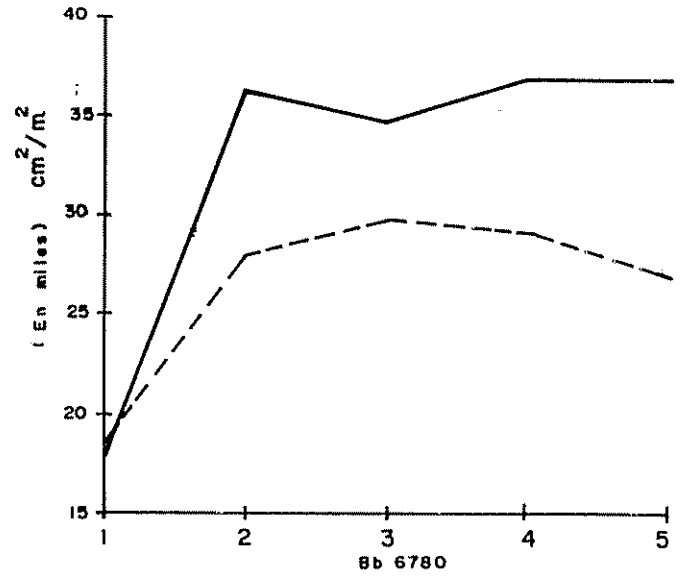
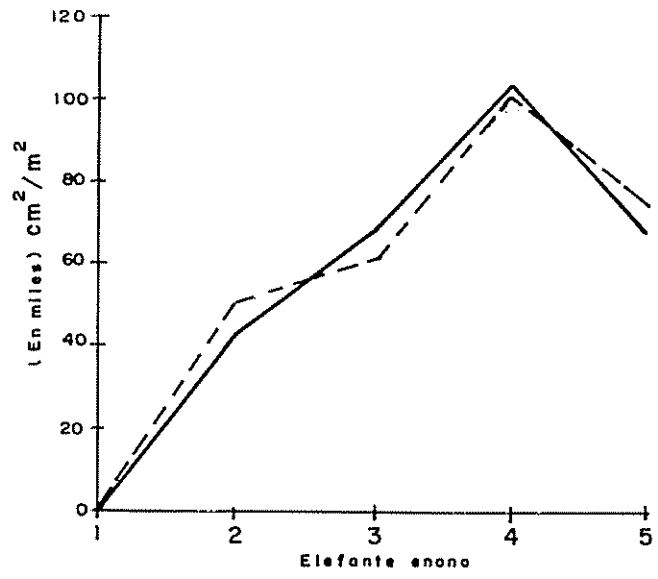
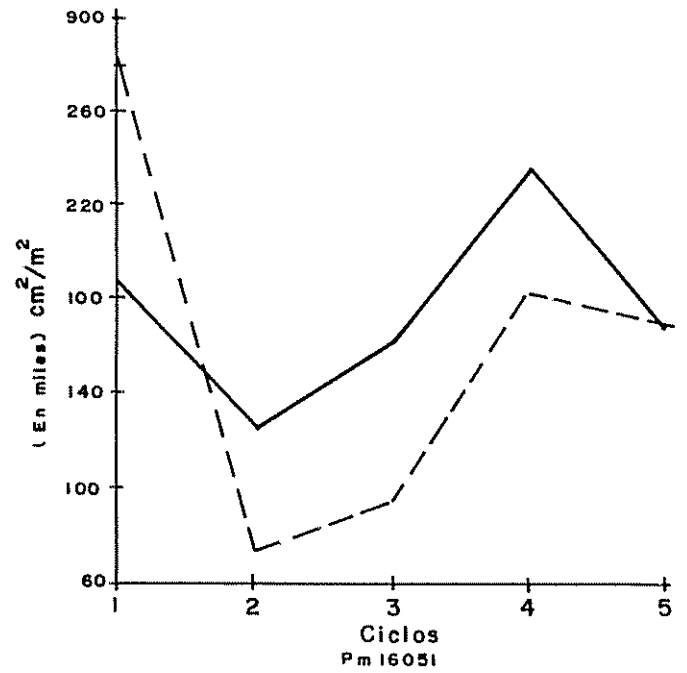
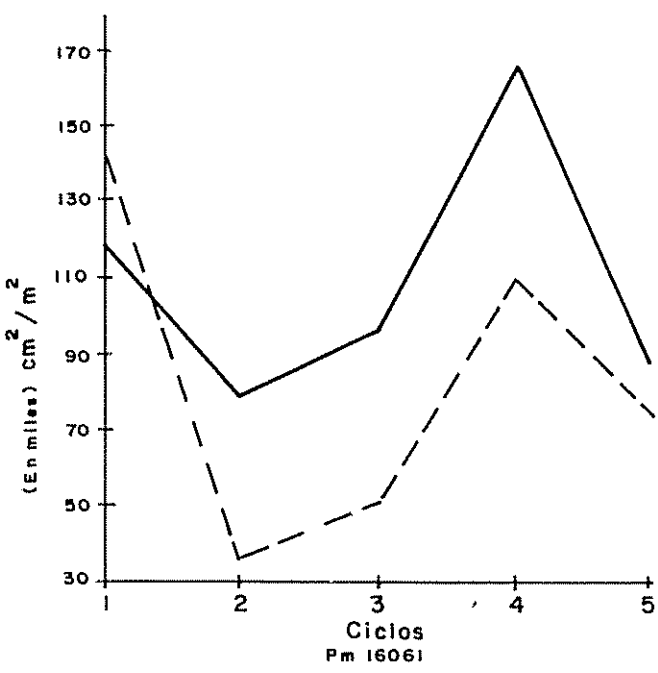


Fig 9. Area foliar de cuatro forrajeras erectas por ciclo y tratamiento.

SIMBOLOGIA  
 — CON ARBOLES  
 - - - SIN ARBOLES

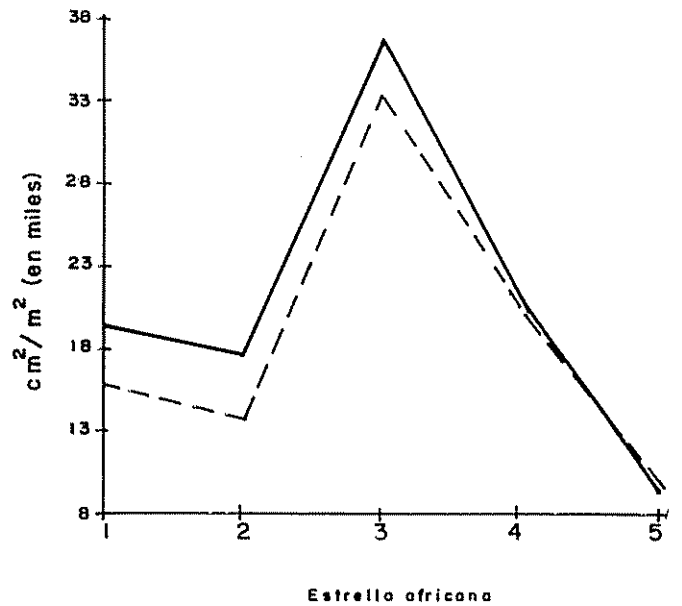
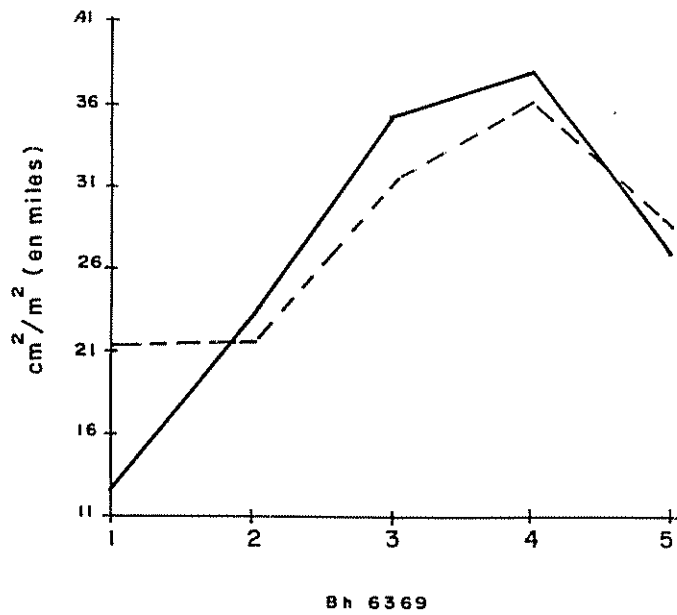
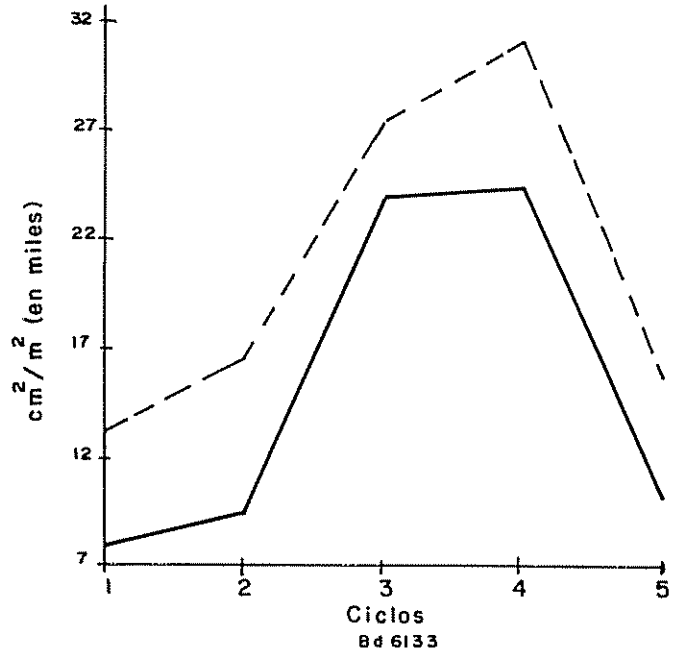
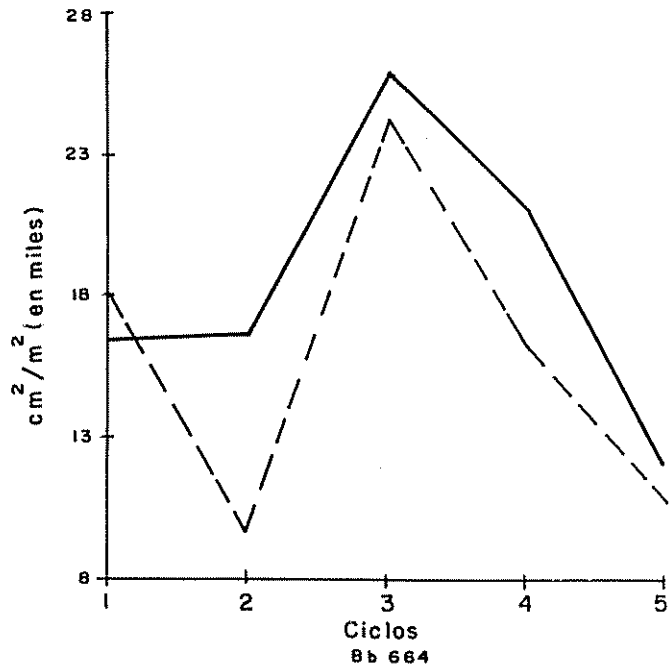


Fig 10 Area foliar de cuatro forrajeras estoloníferas por ciclo y tratamiento.

SIMBOLOGIA

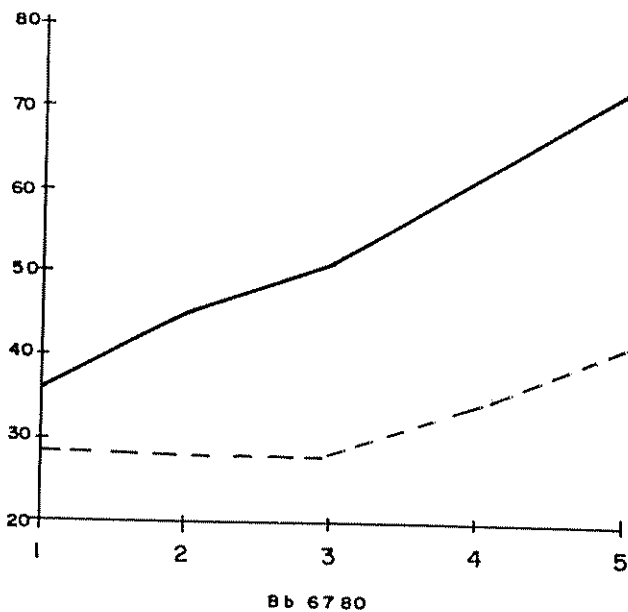
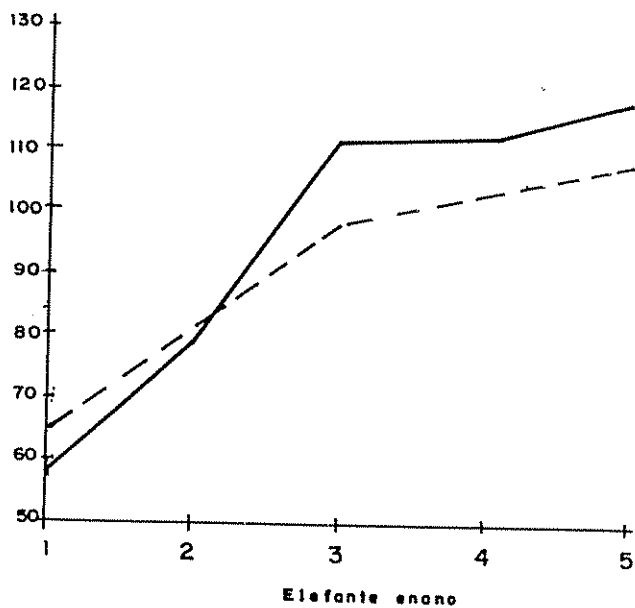
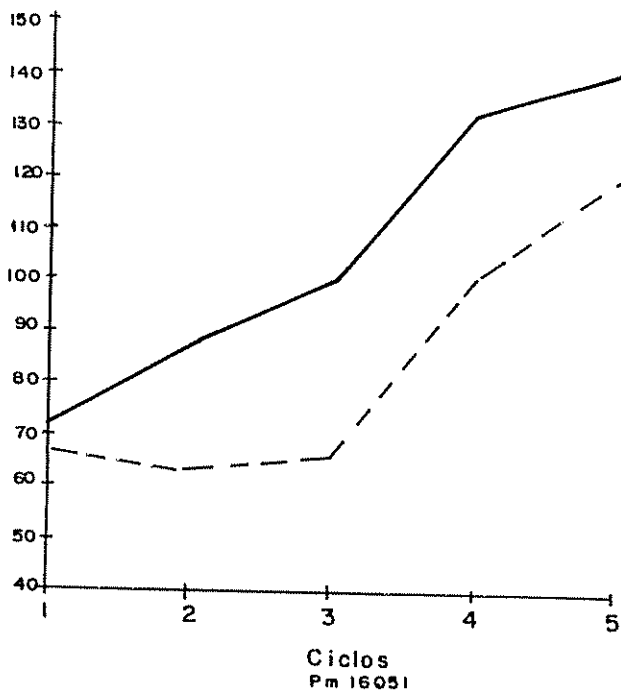
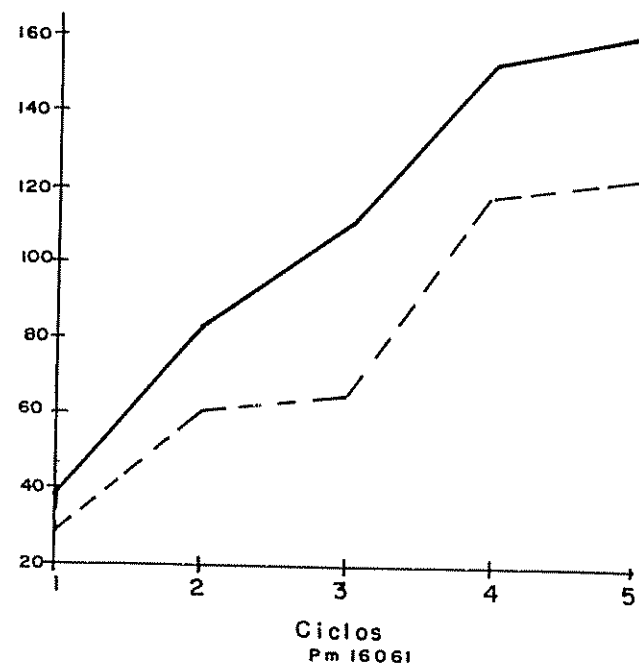
- CON ARBOLES
- - - SIN ARBOLES

Los cambios en altura de las plantas se evidenciaron con mayor claridad en el periodo de mayor proyección de sombra, alcanzado cuando el diámetro de la copa del poró fue mayor y cubrió por un mayor tiempo determinados sitios de las unidades experimentales.

Se debe recordar que tanto los árboles como los ocho pastos fueron podados y uniformizados en la misma fecha (04/01/1991). Bajo este sistema, la tendencia mostrada fue, que conforme la copa del poró aumentó, la altura de las gramíneas también aumentaró, dándose la mayor altura en el quinto ciclo en todas las ocho gramíneas (Figuras 11 y 12).

No se detectaron diferencias ( $P < 0.5114$ ) entre los tratamientos durante el primer ciclo, probablemente debido a que los árboles no aportaban ninguna sombra al substrato herbáceo. Posteriormente, a medida que transcurrió el tiempo, el efecto del crecimiento de la copa aumentó y la altura de las plantas a partir del segundo ciclo fue mayor ( $P < 0.01$ ) en el tratamiento asociado con árboles (Figuras 11 y 12). Sin embargo, hay algunas accesiones que respondieron más que otras a la presencia de árboles.

Del total de gramíneas, en cuatro de ellas se observaron diferencias ( $P < 0.001$ ) en todos los ciclos (Bb 6780, Pm 16061, Bb 664 y Bh 6369), en tanto que para el resto de gramíneas durante el primer ciclo de cosecha, la altura fue mayor en el tratamiento sin árboles, tendencia que cambió en los siguientes muestreos.



**Fig. II. Altura de cuatro gramíneas erectas según ciclo y tratamiento**

**SIMBOLOGIA**

- CON ARBOLES
- - - - SIN ARBOLES

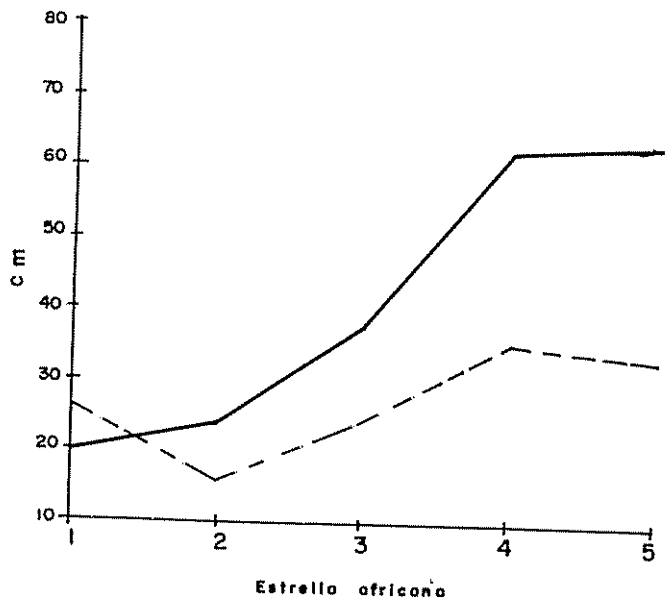
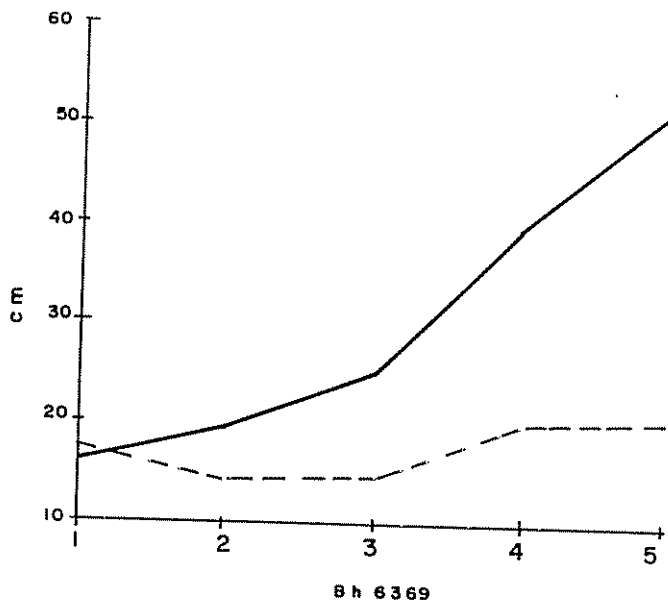
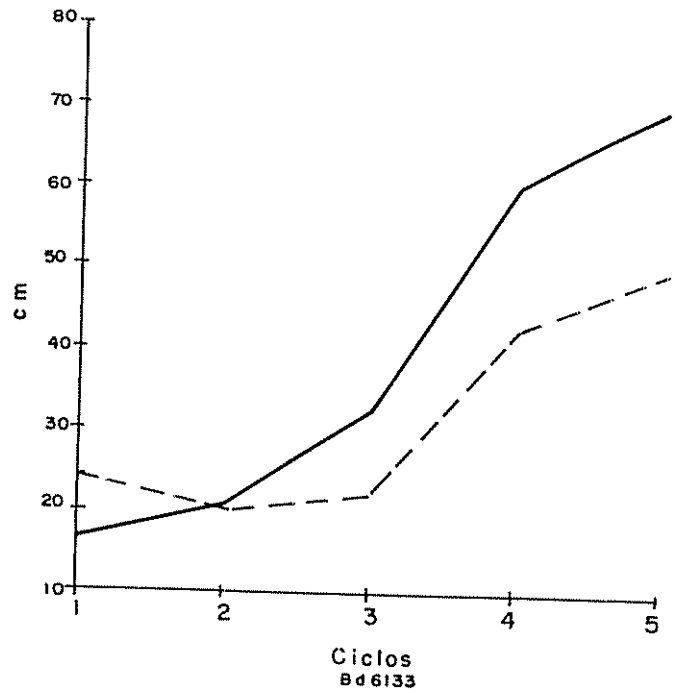
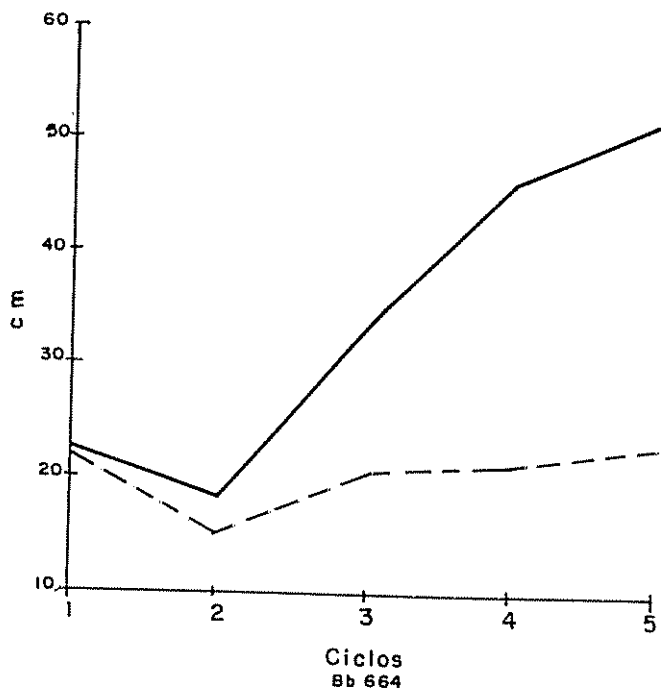


Fig. 12 Altura de cuatro gramíneas estoloníferas por ciclo y tratamiento

**SIMBOLOGIA**

- CON ARBOLES
- - - SIN ARBOLES

Cuadro 8. Altura promedio de ocho gramíneas: erectas \* y estoloníferas \*\* según tratamiento (cm).

----- Especie	Con Arb.(1)	Sin Arb.(2)	Dif.%(1-2) -----
Pm 16061*	108.12	78.86	27.0
Pm 16051*	106.76	85.74	19.7
EE *	95.7	90.76	5.2
Bb 6780 *	53.12	31.97	39.8
Bb 664 **	34.5	20.54	40.5
Bd 6133 **	40.16	31.87	20.6
Bh 6369 **	30.74	18.4	40.15
Cn **	41.97	27.3	35.0
Promedio	63.9 a	48.2 b	

-----  
Tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente.  
Datos promedio de cinco ciclos: \* = erectas/semierectas c/6  
semanas.\*\* = estoloníferas c/5 semanas de rebrote.

Las gramíneas que alcanzaron la mayor altura promedio fueron las especies de porte erecto: Pm 16061, Pm 16051 y EE (Cuadro 8). La gramínea que ostentó la menor altura fue la B. humidicola (30.74 cm) en el tratamiento asociado, comportamiento que debe ser analizado con cautela, puesto que las plantas que desarrollan mayor altura presentan menor densidad del forraje y sus puntos de crecimiento se encuentran más expuestos a ser removidos por el ganado en pastoreo. Tergas (1981), expresa que la Brachiaria humidicola tiene capacidad para adaptarse a microambientes con cierto grado de sombra, quizá debido a ello esta accesión no tuvo necesidad de hacer ajustes drásticos en su morfología según las condiciones del sitio.

## 4.2.4. Relación Hoja:Tallo.

La relación H:T está influenciada fuertemente por la cantidad de luz que reciba una determinada gramínea, por la morfología y el estado fenológico de la planta. En el Cuadro 9, se muestran los resultados promedio, obtenidos a través de los cinco ciclos de estudio. En la mayoría de las especies, el efecto de la sombra produjo una relación hoja:tallo más estrecha ( $P < 0.001$ ), en comparación con la obtenida en el tratamiento sin árboles (Cuadro 9).

Cuadro 9. Relación hoja:tallo promedio de ocho gramíneas, según hábito de crecimiento y tratamiento (g/g MS).

Espcie	Con Arb (1)	Sin Arb (2)	Dif.% (1-2).
Pm16051*	6.25 a	6.93 a	- 9.82
Bh 6369**	4.62 b	7.26 a	- 36.37
Pm 16061*	4.36 b	6.99 a	-37.63
EE*	4.26 b	6.06 a	-29.71
Bb 6780*	3.28 b	4.95 b	-31.7
Bd 6133 **	1.52 c	3.03 b	-49.84
Bb 664 **	1.18 c	1.73 c	-31.8
Cn **	0.95 c	0.98 c	-3.07
Promedio	3.3 b	4.74 a	

Columnas y forrajes con letras iguales no son diferentes.  
 \* = erectas y semierectas c/42 días \*\* = estoloníferas c/35 días. Datos: promedio de cinco ciclos.

Se observa también, que todas las especies reaccionaron según el tratamiento aplicado en diferente magnitud ( $P < 0.001$ ).



Así por ejemplo Pm 16051 y Cn tuvieron un patrón de comportamiento diferente, mostrando relaciones hoja:tallo similares cuando crecen con o sin sombra.

Al comparar la relación hoja:tallo del Pm 16051 con el Pm 16061 (4.36 vs 6.99), se evidencia que hubo una contracción en esta relación en forma severa severa, en el tratamiento con árboles (Fig. 13). Ambas especies ostentan la mayor cifra para esta característica, siendo superior al reportado por Vallejo, (1987).

De las especies de porte estolonífero la B. humidicola fue la que evidenció la mejor relación hoja tallo en el tratamiento con árboles (4.62), triplicando al menos a la especie inmediata B. dictyoneura (1.52). Esta última especie presenta baja relación hoja:tallo debido a la persistencia en emitir tallos florales. De todos las gramíneas estudiadas el `estrella africana fue la que produjo la relación hoja tallo más baja (0.95 y 0.98), para el tratamiento con árboles y sin árboles (Fig.14).

Existió una interacción importante entre tratamientos y ciclos ( $P < 0.001$ ). Así, conforme la condición de sombra avanzaba en el asocio con árboles, esta relación se deterioró en cada ciclo ( $P < 0.001$ ).

Comparando los datos para relación hoja tallo, con los obtenidos por Vallejo (1987), para las especies comúnmente estudiadas, se evidencia una mayor relación hoja:tallo en el presente estudio. La explicación podría estar en las diferencias en la edad de muestreo, altura de corte, tratamiento, muestreo practicado, diferencias de fertilidad entre los sitios y a la diferencia en observaciones en cada experimento.

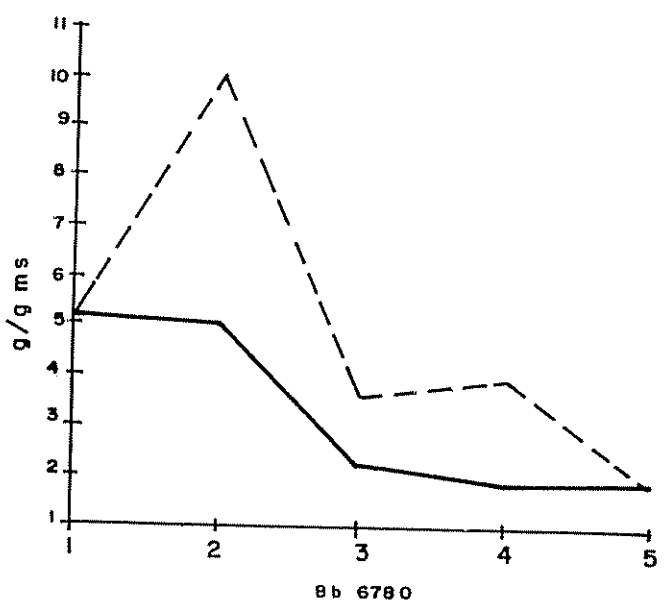
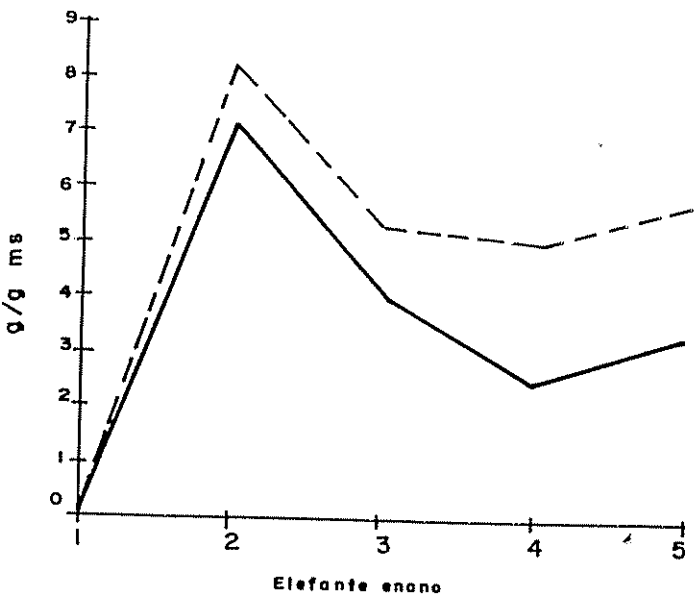
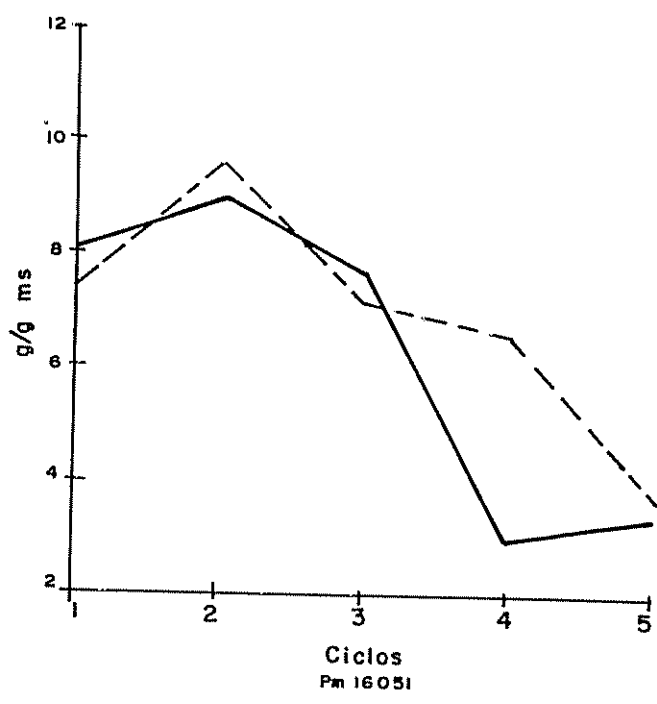
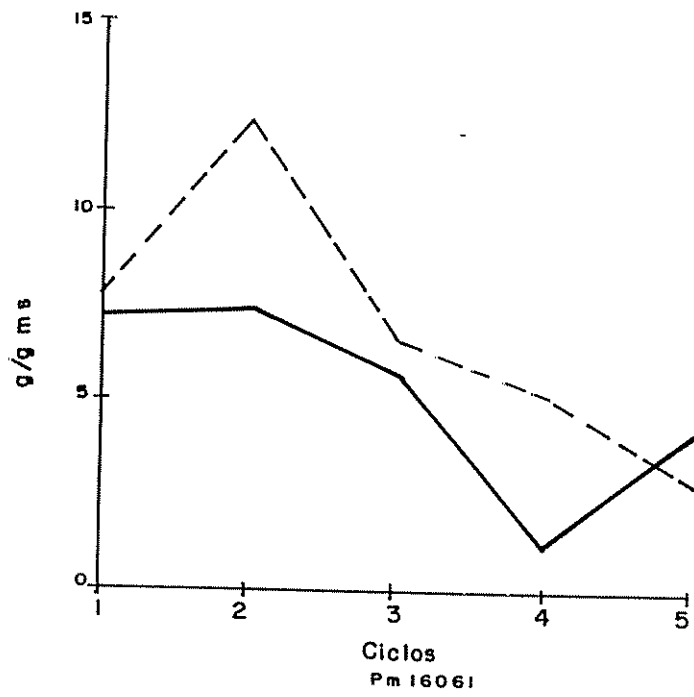
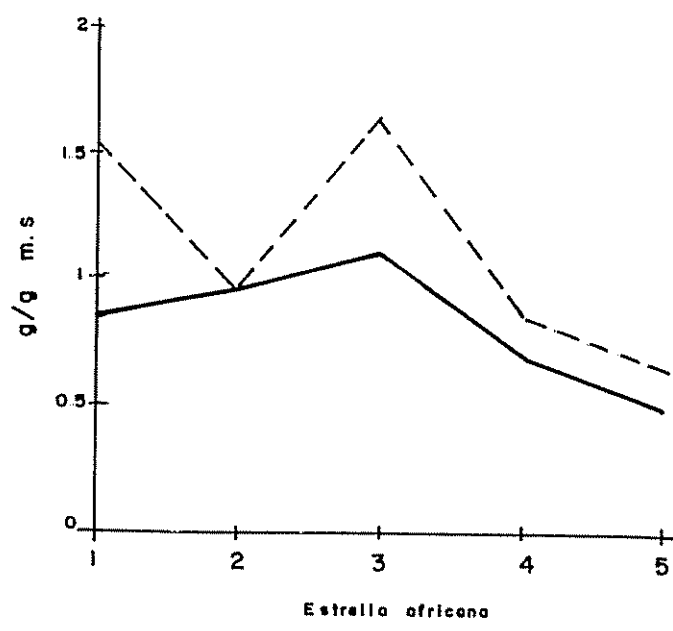
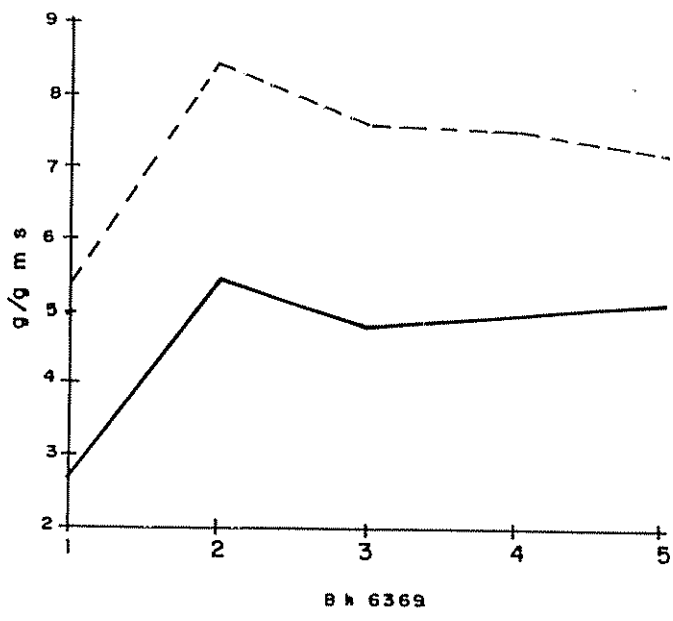
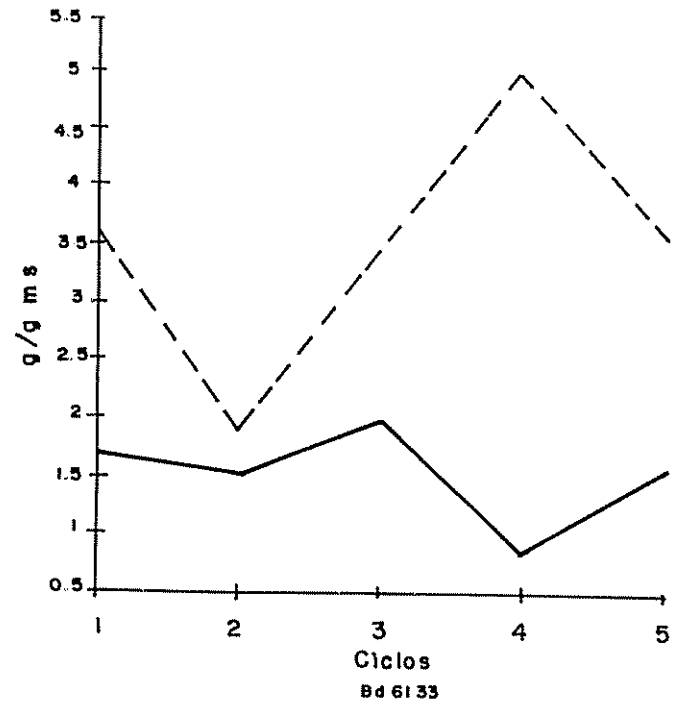
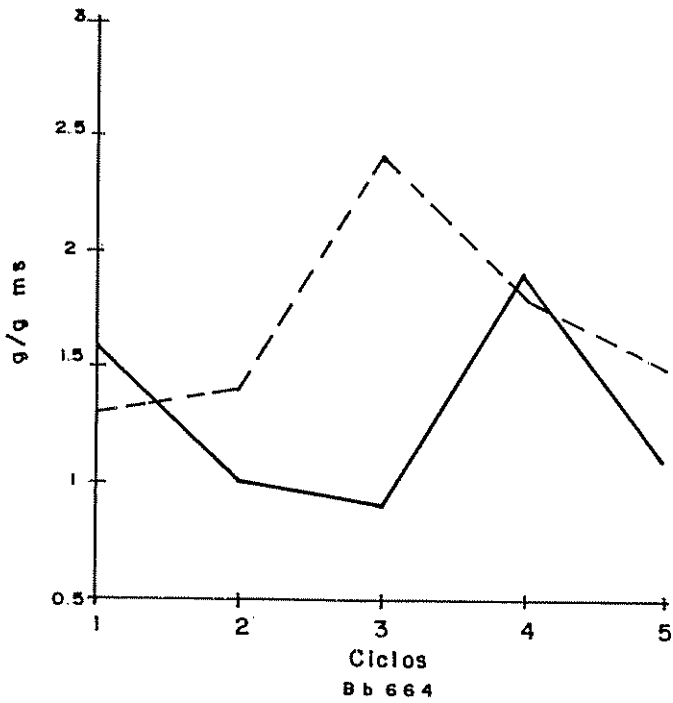


Fig. 13. Relación Hoja / Tallo de cuatro gramíneas erectas por ciclo y tratamiento

SIMBOLOGIA  
 ——— CON ARBOLES  
 - - - SIN ARBOLES



**Fig. 14. Relación Hoja/Tallo de cuatro gramíneas estoloníferas por ciclo y tratamiento.**

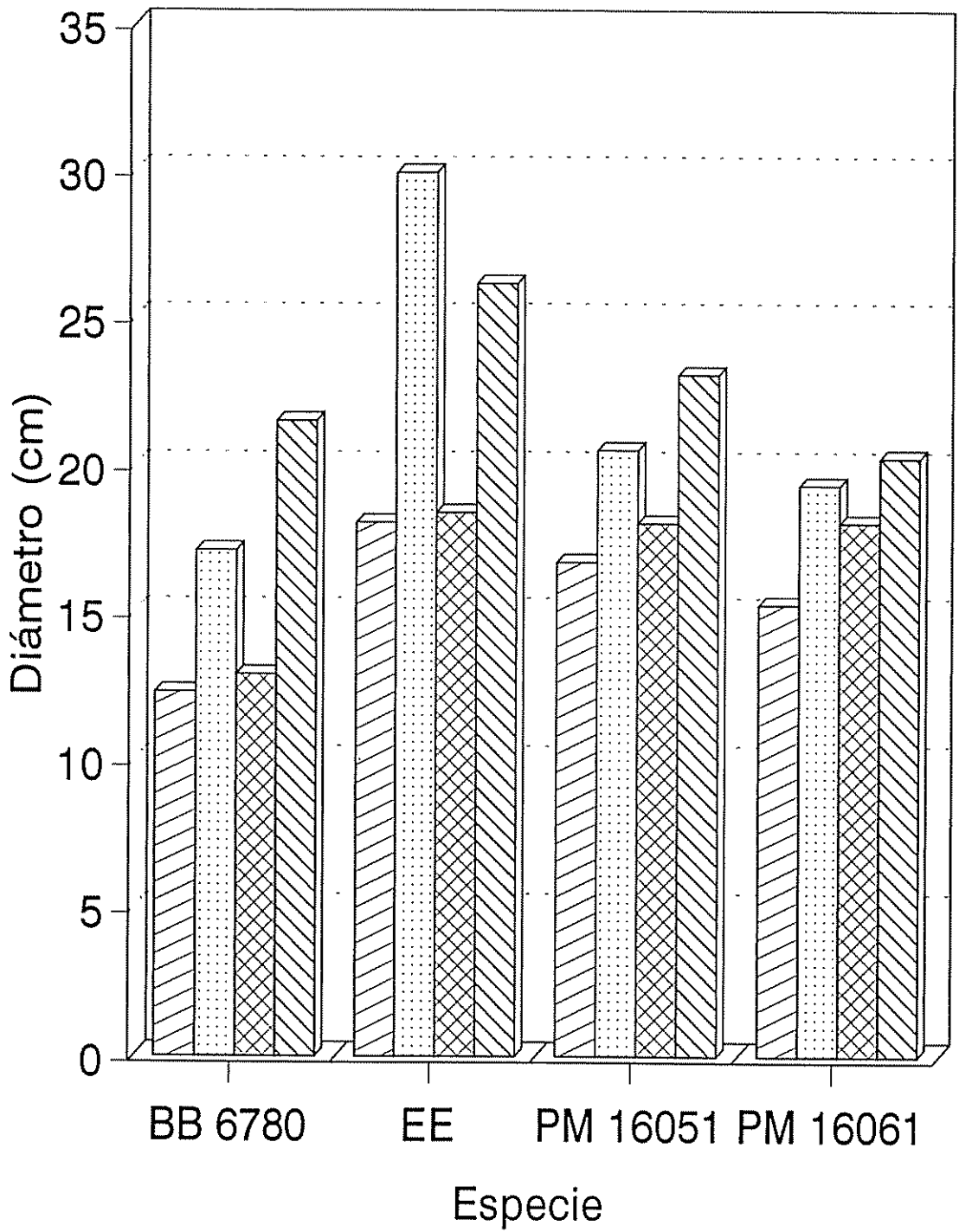
**SIMBOLOGIA**  
 — CON ARBOLES  
 - - SIN ARBOLES

#### 4.2.5. Diámetro Basal de cuatro gramíneas forrajeras de porte erecto y semierecto.

El diámetro basal de una planta ayuda a estimar los cambios que se dan en una macolla, entendiéndose que aquellas que evolucionan positivamente en el tiempo son las especies que tendrían mayor capacidad de producir rebrotes y cantidades adecuadas de materia seca. En el Cuadro 10 se observa que no hubieron diferencias significativas entre los dos tratamientos estudiados ( $P > 0.16$ ), no obstante a largo plazo las pequeñas diferencias existentes podrían ampliarse. Sin embargo entre los forrajes, la ubicación en el transecto de la unidad experimental y entre resultados de la medición inicial y final (Ciclos), como efectos simples, si existieron diferencias altamente significativas ( $P < 0.002$ ; 0.0084 y 0.001) para cada variable.

La ubicación de las plantas con respecto a la cercanía o mayor lejanía con respecto al árbol fue diferente ( $P < 0.002$ ) con respecto al diámetro de las macollas. Las plantas 1, 2 y 4 son iguales y difieren con el valor encontrado para la planta 3.

El diámetro per se de cada macolla está influenciado por la variación en la calidad y vigor del material sembrado, y por la posición ocupada dentro del transecto de muestreo, tanto por factores de micrositio como por la misma competencia entre las plantas (Cuadro 11 y 1A).



Inic. C/ARB
  Fin C/ARB
  Inic. S/ARB
  Fin S/ARB

Fig. 15. Diámetro basal inicial y final de cuatro gramíneas erectas según tratamiento.  
 Estación Exp. Central "La Montaña", Turrialba. 1991.

Cuadro 10. Comparación del diámetro basal inicial (I) y final (F) de cuatro gramíneas forrajeras según tratamiento y ubicación de las plantas (cm).

Especie	Planta	D. basal c/arb.		D. basal s/arb.	
		I b	F a	I b	F a
BB 6780	1 a	11.37	16.0	13.62	27.12
	2 a	10.93	14.62	12.56	18.25
	3 b	14.50	16.62	13.12	20.25
	4 a	13.0	21.25	12.37	20.50
EE	1 a	18.25	29.75	18.37	27.75
	2 a	18.00	34.50	18.12	25.0
	3 b	15.87	27.25	16.87	22.62
	4 a	20.12	28.37	20.18	29.25
PM 16051	1 a	16.12	20.00	22.18	27.0
	2 a	14.37	16.25	16.68	23.62
	3 b	15.87	19.00	15.0	18.87
	4 a	20.43	26.87	18.25	22.87
Pm 16061	1 a	12.37	21.87	22.67	25.37
	2 a	15.93	18.25	16.17	18.62
	3 b	11.68	10.87	13.93	16.0
	4 a	21.10	26.37	19.43	21.12

Datos de medias con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P < 0.05$ ).

1...4 = Más cerca y más lejos de la base del árbol, respectivamente.

Cuadro 11. Diámetro basal promedio inicial (I) y final (F) de cuatro gramíneas según tratamiento (cm).

Gramínea	Trat.con Arboles			Trat. sin Arboles		
	I (a)	F (b)	DIF %	I a	F b	DIF %
BB 6780	12,45	17,12	<u>27.28</u>	12,91	21,53	<u>40.04</u>
PM 16061	15,27	19,34	<u>21.05</u>	18,50	20,27	<u>8.74</u>
EE	18,06	29,97	<u>39.74</u>	18,05	26,15	<u>30.98</u>
PM 16051	16,70	20,53	<u>18.76</u>	18,02	23,09	<u>21.96</u>

Columnas con letra igual no son estadísticamente diferentes.

El crecimiento del diámetro de las cepas podría afirmarse fue normal dentro de las características del experimento y lapso transcurrido entre las dos mediciones, en las cuatro especies estudiadas. Se observa que en tres de las cuatro gramíneas el diámetro inicial por tratamiento y especie, alcanzado por las macollas hasta el primer ciclo de muestreo es muy parecido, siendo la excepción el *P. maximum* 16061 (Fig. 15).

El diámetro basal de las cuatro especies, evolucionó positivamente a medida que se avanzaron los ciclos (Fig. 15). En el Cuadro 9, se observa que EE fue la especie que alcanzó el mayor diámetro basal en ambos tratamientos, no obstante, lo anterior no implicó que la densidad de rebrotes emitida superara a las otras especies (Cuadro 12, fig. 15).

Posteriormente, en el quinto ciclo se observa en las cuatro especies, una diferencia positiva en el desarrollo diamétrico de la macolla, siendo superior para el Elefante

enano. La producción forrajera, por tanto podría ir en aumento o al menos mantenerse estable (sostenible), si las plantas mantienen su vigor aumentando su diámetro basal, hasta ciertos límites.

#### 4.2.6. Puntos de enraizamiento de especies rastreras ( $n^{\circ}/m^2$ ).

La exploración de una mayor superficie de suelo, resulta ser una ventaja para cualquier tipo de planta, especialmente en aquellos sistemas de bajos insumos o en periodos secos, en los que es posible la presencia de problemas de estrés hídrico. La raíz y la base de la cepa representan para algunas especies las partes de la planta donde se acumulan las sustancias de reserva utilizadas generalmente para el rebrote. De esta manera aquellas plantas que posean puntos secundarios de enraizamiento tendrán mayor ventaja y competitividad que aquellas que dependen de una cepa madre y cuyas reservas estén ubicadas en lugares más expuestos a ser cosechados por los animales en pastoreo (Fig. 16).

Esta característica tiene su respaldo genético lo cual se evidencia en las diferencias existentes entre especies ( $P < 0.001$ ). La ubicación dentro de la unidad experimental de cada planta fue diferente ( $P < 0.078$ ). También las diferencias encontradas entre el ciclo inicial y final fueron significativas ( $P < 0.001$ ), hecho que está estrechamente relacionado con la cobertura y competitividad que una especie ostenta, durante un periodo determinado de tiempo (Fig.16). Se encontró que la cantidad de puntos de enraizamiento fue mayor en el tratamiento sin árboles, cuyas diferencias entre la medición inicial y final son más amplias cuando se compara con el tratamiento con árboles, siendo la excepción el estrella (Cuadro 12).



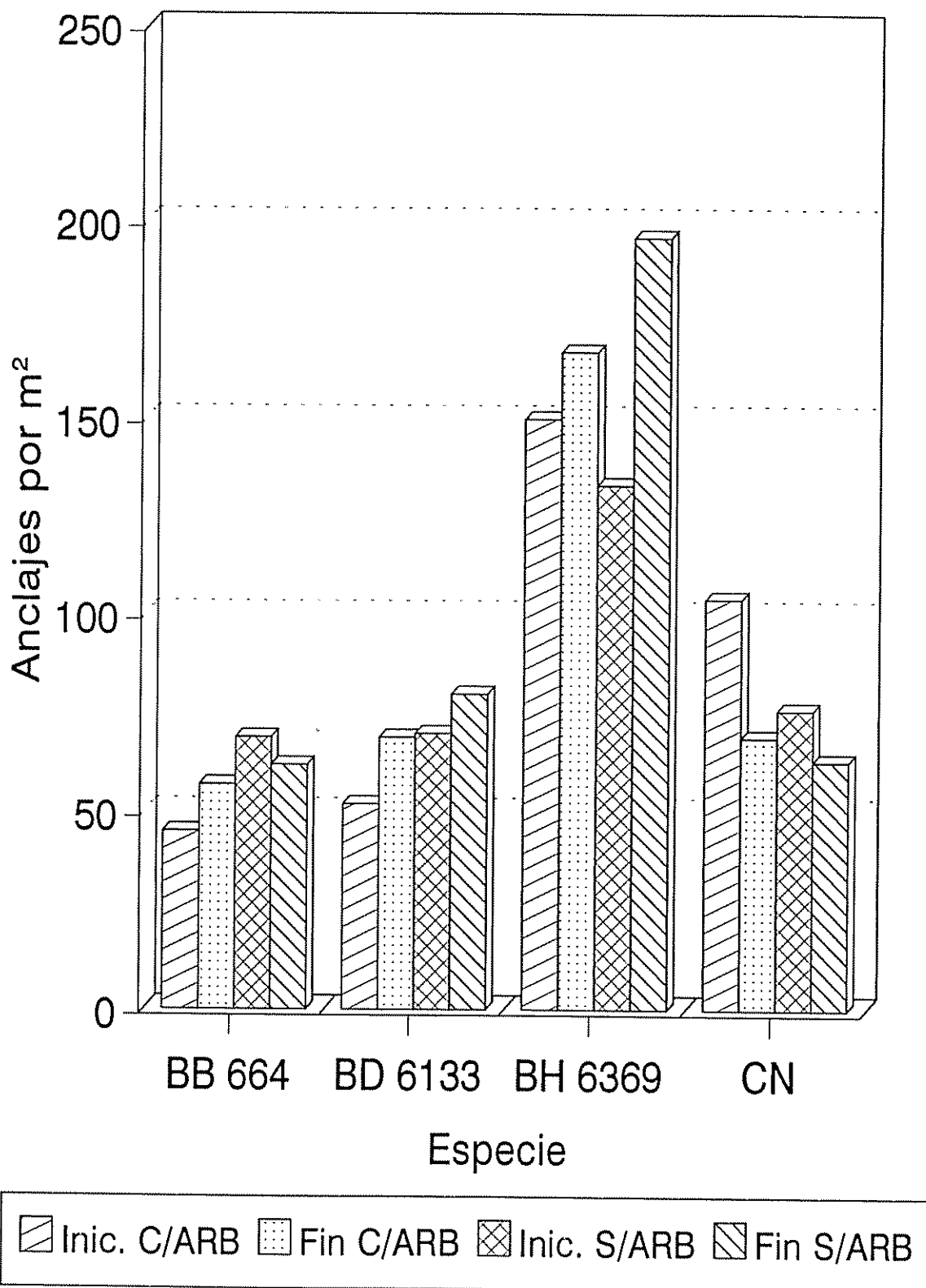


Fig. 16. Puntos de enraizamiento de cuatro gramíneas estoloníferas por ciclo y tratamiento. Estación Exp. Central "La Montaña", Turrialba. 1991.

De las cuatro especies, la que produjo la mayor cantidad de puntos de enraizamiento fue la B. humidicola CIAT 6369, demostrando su tolerancia a suelos ácidos y tolerar adecuadamente la sombra. Contrariamente, el pasto estrella evidenció la mayor cantidad de puntos de enraizamiento al inicio, indiferentemente del tratamiento aplicado, siendo mayor en el asociado con árboles (104 vs 76). Sin embargo, la caída fue abrupta en este tratamiento cuando se relaciona el número inicial de nudos enraizados con el final (-33%), mientras en el tratamiento no asociado se redujo en 17.11% (Cuadro 10). Esta situación evidencia una declinación en la capacidad competitiva de la especie conforme avanzan los ciclos de corte, así como un comportamiento inadecuado de la misma a las condiciones de sitio y tratamiento.

Cuadro 12. Densidad de puntos enraizados inicial y final, según especie y ciclo (Nº/m<sup>2</sup>)

Especie	Con Arboles (a)			Sin Arboles (a)		
	C 1	C 2	Dif. %	C 1	C 2	Dif. %
B <sub>b</sub> 664 b	45	57	<u>21.0</u>	69	62	<u>-10.15</u>
B <sub>d</sub> 6133 b	52	69	<u>24.6</u>	70	80	<u>12.50</u>
B <sub>h</sub> 6369 a	150	167	<u>10.12</u>	133	196	<u>32.15</u>
C <sub>n</sub> b	104	69	<u>-33.66</u>	76	63	<u>-17.11</u>

Valores con letra igual no son significativamente diferentes.

Ciclo 1<sup>a</sup> = 20/2/91      Trat 1 a

Ciclo 2<sup>b</sup> = 28/6/91      Trat 2 a

En el tratamiento asociado con árboles, la presencia de Philophaga podría explicar la caída vertiginosa en el número de puntos de enraizamiento y del vigor del pasto estrella, la cual fue atacada en su sistema radical. Esta pérdida en el vigor se manifiesta también, en la diferencia entre el número inicial y final de rebrotes/m<sup>2</sup> (Cuadro 14).

Cuadro 13. Promedio de nudos enraizados de cuatro especies estoloníferas por tratamiento y punto de muestreo (Nº/m<sup>2</sup>).

	Tratamiento con Árboles						Tratamiento sin Árboles					
	Posición						Posición					
	1 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup>		1 <sup>a</sup>		2 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup>	
Especie	I <sub>b</sub>	F <sub>a</sub>	I <sub>b</sub>	F <sub>a</sub>	I <sub>b</sub>	F <sub>a</sub>	I <sub>b</sub>	F <sub>a</sub>	I <sub>b</sub>	F <sub>a</sub>	I <sub>b</sub>	F <sub>a</sub>
Bh6369a	122	150	140	164	187	188	132	198	134	194	134	196
Bd6133b	46	60	50	70	60	78	60	78	72	78	78	84
Bb 664b	44	58	44	56	48	58	82	62	68	62	58	62
Cn c	118	76	98	68	96	64	80	64	78	60	70	64

Columnas, posición y especies con la misma letra, no difieren estadísticamente.

En el Cuadro 13 se pone de manifiesto la evolución positiva en el número de nudos enraizados, en los tres puntos de muestreo para tres de las especies estudiadas. Se observó que en el punto 3, es donde se produce la mayor cantidad de nudos enraizados en tres de las especies, siendo la más sobresaliente la B. humidicola. En estas especies la evolución fue positiva en los tres de puntos de muestreo. Un caso particular ocupa el estrella cuya mayor cantidad se produjo en el punto más cercano al árbol (118/m<sup>2</sup>), sin embargo es ahí también donde se produce la mayor declinación en el número de puntos de enraizamiento/m<sup>2</sup>, tendencia que se da en

número de puntos de enraizamiento/m<sup>2</sup>, tendencia que se da en los restantes conteos, indiferentemente del tratamiento estudiado.

#### 4.2.7. Variable Densidad de Rebrotos.

La densidad de rebrotos brinda información de la capacidad de recuperación de una especie, después de una defoliación según el manejo aplicado en un momento determinado.

Existió una interacción importante entre las diferentes accesiones y el asocio o no con árboles ( $P < 0.001$ ). Así por ejemplo, la Bb 6780 tuvo una disminución fuerte en el número de rebrotos entre el conteo inicial y final, independientemente del tratamiento que se trate. En contraste, la Bh 6369 evidenció un comportamiento positivo en ambos tratamientos, siendo la cantidad de rebrotos mayor, en el tratamiento sin árboles. Con respecto a esta característica, el estrella tuvo un desempeño pobre, disminuyendo la cantidad de rebrotos indiferentemente del punto de muestreo y tratamiento (Cuadro 14).

Cuadro 14. Número de rebrotes promedio inicial y final de ocho gramíneas forrajeras en asocio con árboles y monocultivo ( $\text{no}/\text{m}^2$ ).

Especie	Trat	No. Inicial	No. Final	Diferencia (% F-I)
		(b)	(a)	
BH	1	959b	1145a	+ 16.3
	2	1099a	1021b	- 7.6
BB 664	1	620b	710a	+ 12.7
	2	682a	673b	- 1.3
BD 6133	1	543b	771a	+ 29.4
	2	758a	899a	+ 14.8
CN	1	560a	440b	- 21.6
	2	455b	465a	+ 2.2
BB 6780	1	356a	197b	- 44.7
	2	188b	102b	- 45.8
PM 16051	1	201b	262a	+ 23.3
	2	229a	246a	+ 6.9
PM 16061	1	142b	235b	+ 39.6
	2	190a	210a	+ 9.5
EE	1	51b	82a	+ 37.8
	2	68a	92a	+ 26.1

Columnas y valores de medias con letra igual son semejantes.

1 = asocio con árboles

2 = sin árboles

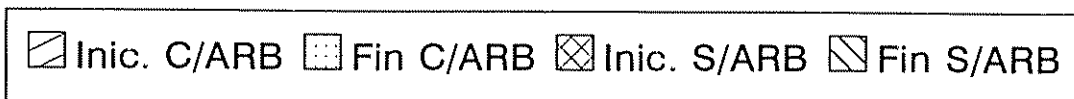
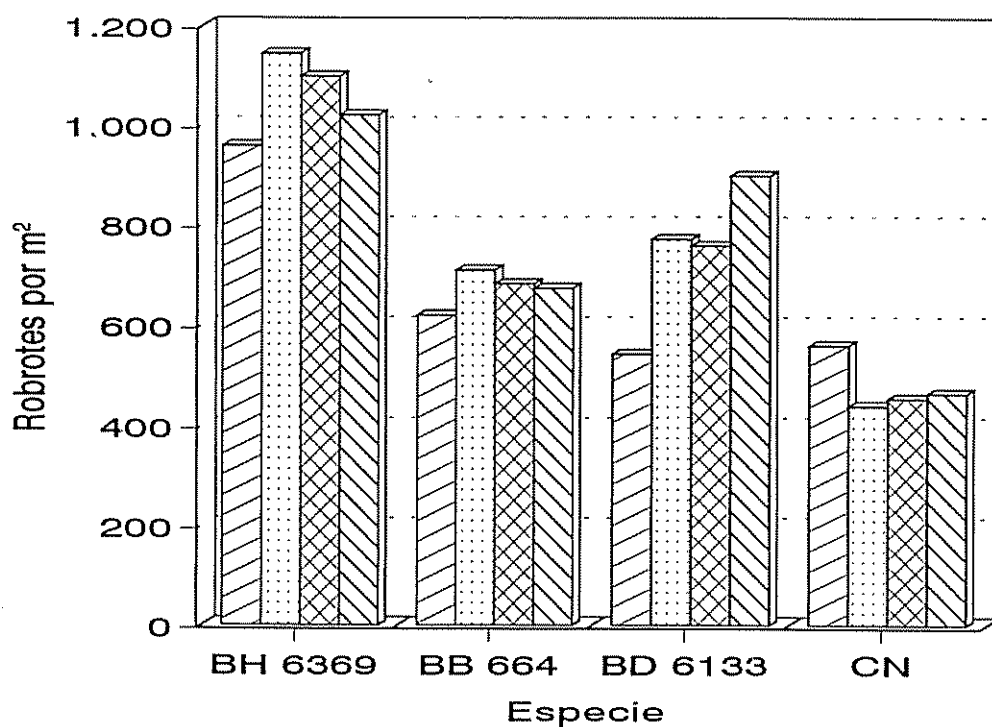
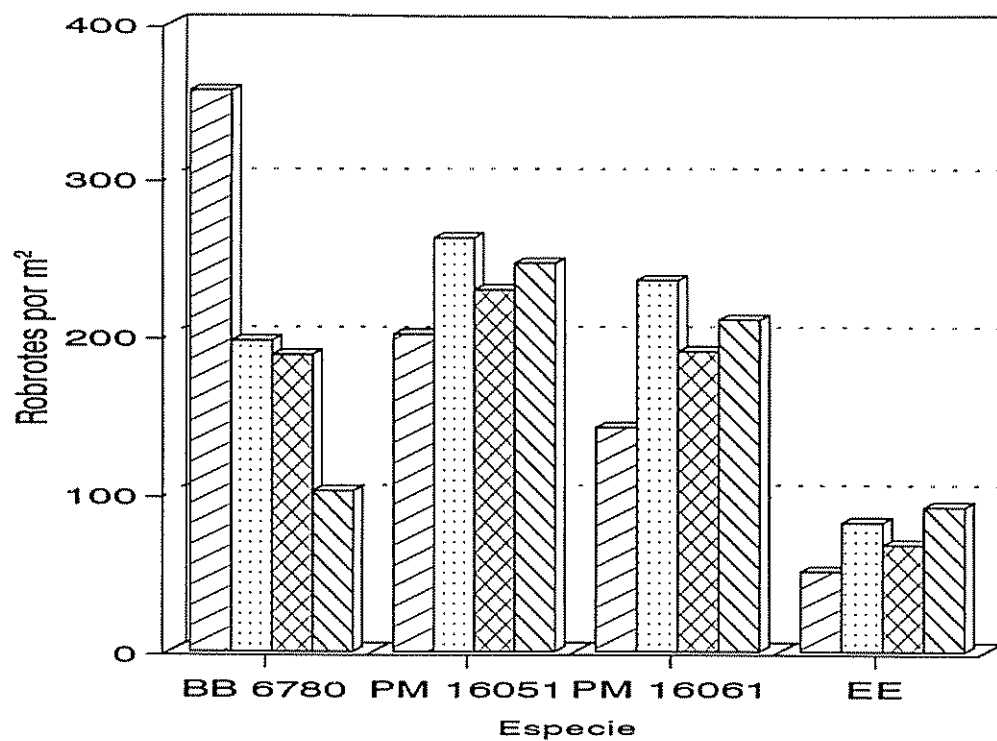


Fig. 17. Densidad de rebrotes inicial y final promedio, de ocho gramíneas estoloníferas según tratamiento. Estación Exp. Central "La Montaña", Turrialba. 1991.

### 4.3. Luz solar.

#### 4.3.1. Medición de Luz.

La producción forrajera está directamente influenciada por la cantidad de luz fotosintéticamente activa que incide sobre la pradera. La variabilidad en la producción de una determinada gramínea no tiene una correlación simple y directa con la radiación solar y el rendimiento (Noble, 1972). Este comportamiento se evidencia más notablemente, cuando la cobertura forrajera no es la óptima y debe soportar condiciones de estrés hídrico y de nutrimentos acompañados de altas temperaturas. Estos son algunos de los otros factores que limitan severamente la productividad forrajera, en aquellos ecosistemas con períodos de sequía prolongados (Noble, 1972; Spedding, 1971).

La intensidad del proceso fotosintético está estrechamente relacionado con la cantidad de área foliar de las plantas, con la competencia entre ellas, con el suministro adecuado de agua y nutrimentos, así como de la presencia de cantidades aceptables de dióxido de carbono (Spedding, 1971).

De la medición de luz fotosintéticamente activa incidente sobre las gramíneas, la que registró la menor cantidad fue la 1ª hora (9 am), en todos los puntos de muestreo (Cuadro 15). En la 2ª hora (11:30 am), cuando el sol está en el Zenit hubo un aumento sustancial de luz incidente en todos los puntos de muestreo, situación que se mantuvo en la tercera medición (2 pm), con incrementos menos sustanciales.

La gramínea que recibió la menor cantidad de luz fotosintéticamente activa, fue la Brachiaria humidicola (17.47), cuya medición se realizó sobre el punto 1 a las 9 am,

valor que no pude explicar y que probablemente se debe a un error de medición (Cuadro 15).

Cuadro 15. Porcentaje de luz fotosintéticamente activa incidente sobre las gramíneas, según hora y punto de medición.

Especie	Hora	Pto.1 <u>b</u>	Pto.2 <u>a</u>	Pto.3 <u>b</u>
PM 16061	1 <u>c</u>	53.45	67.25	63.95
	2 <u>b</u>	78.55	89.22	81.1
	3 <u>a</u>	83.89	92.52	84.13
PM 16051	1 <u>c</u>	65.44	66.27	61.34
	2 <u>b</u>	85.28	91.43	80.9
	3 <u>a</u>	88.29	93.76	84.85
EE	1 <u>c</u>	66.30	57.53	56.67
	2 <u>b</u>	84.37	85.32	75.32
	3 <u>a</u>	84.72	90.50	83.39
BB6780	1 <u>c</u>	60.86	65.18	58.37
	2 <u>b</u>	81.95	86.09	73.66
	3 <u>a</u>	83.43	91.88	79.77
BB 664	1 <u>c</u>	66.51	63.68	61.49
	2 <u>b</u>	81.93	84.18	68.16
	3 <u>a</u>	84.95	91.41	77.33
BD 6133	1 <u>c</u>	54.97	68.82	61.92
	2 <u>b</u>	77.93	84.60	77.37
	3 <u>a</u>	86.01	91.30	79.62
BH 6369	1 <u>c</u>	17.47	78.15	79.89
	2 <u>b</u>	60.62	73.00	64.0
	3 <u>a</u>	81.80	87.51	73.89
CN	1 <u>c</u>	53.30	68.33	65.30
	2 <u>b</u>	83.13	85.48	77.91
	3 <u>a</u>	87.85	90.75	80.69

Valores con la misma letra no difieren significativamente.

En los Cuadros 15 y 16, se observa que el punto 2 de medición, fue el sitio más ventajoso ( $P < 0.001$ ), para recibir



mayor afluencia de luz fotosintéticamente activa, en siete de las ocho gramíneas estudiadas.

En el promedio general de los tres puntos considerados, se encontró que existe bastante similitud en la cantidad de luz recibida por cada gramínea, oscilando alrededor del 80%, siendo la excepción para la B. humidicola (68.14 %), situación que obedece a la menor altura de la especie.

Ericksen y Whitney (1981), reportan que la producción máxima de MS se da cuando las gramíneas recibieron entre el 70% y 100 de luz en el tratamiento fertilizado con 365 kg de nitrógeno.

Cuadro 16. Porcentaje promedio de luz fotosintéticamente activa incidente, según punto de medición en el tratamiento asociado con poró.

Especie	Punto 1 <sup>b</sup>	Punto 2 <sup>a</sup>	Punto 3 <sup>b</sup>	Promedio
PM 16051	79.67	83.82	75.72	<u>79.73</u>
PM 16061	71.90	83.01	76.41	<u>77.0</u>
EE	78.46	77.78	71.79	<u>76.01</u>
CN	74.76	81.52	74.63	<u>76.9</u>
BB 664	77.79	79.75	69.0	<u>75.5</u>
BB 6780	75.45	81.01	70.66	<u>75.0</u>
BD 6133	66.30	81.57	72.97	<u>73.6</u>
BH 6369	52.29	79.55	72.59	<u>68.14</u>

Puntos de muestreo con la misma letra no difieren estadísticamente.

Se debe por tanto, seleccionar las especies forrajeras que son capaces de producir adecuadamente bajo el dosel arbóreo, dado que la cantidad de luz que ingrese a la pastura

en un determinado lapso, podría no ser siempre la más apropiada para una producción óptima, especialmente cuando estas gramíneas han sido seleccionadas por atributos medidos en ausencia de árboles.

Con base en los estudios de Ericksen y Whitney (1981), y en las mediciones de luz reportadas en el Cuadro 16 y Figura 17, se podría concluir que la cantidad de luz fotosintéticamente activa incidente sobre las gramíneas en el tratamiento con árboles, no limita la obtención de rendimientos superiores en la mayoría de las especies bajo las condiciones del experimento.

#### 4.4. Producción de materia seca de las especies forrajeras.

##### 4.4.1. Producción de Materia Seca.

La producción de materia seca de una pastura es el reflejo de las cualidades propias de la especie, de las condiciones edafoclimáticas del sitio, así como del manejo aplicado a ese material. Su cuantificación representa el resultado de la interacción de muchos factores y variables, que determinan en final el nivel de producción alcanzado por un determinado genotipo. En el Cuadro 17 se puede apreciar la producción acumulativa de MS de la gramínea durante el período experimental.

En el experimento realizado, no se encontraron diferencias significativas en lo que respecta a los tratamientos. Sin embargo, las especies se comportaron diferente ( $P < 0.0001$ ) en lo que respecta el efecto de ciclo y posición con respecto al árbol en los tratamientos (Cuadro 17).

Cuadro 17. Producción acumulativa de materia seca de ocho gramíneas asociadas con árboles de poró y solas (Kg MS/ha/5 ciclos).

Especies.	Con Arboles a (1)	Sin Arboles a (2)	Dif%. (1-2)
Pm 16061a *	29804.0 a	20790.7 b	<u>30.25</u>
Pm 16051a *	27780.0 a	24986.6 b	<u>10.00</u>
Bb 6780 bc *	14437.0 a	10470.8 b	<u>27.48</u>
EE b *	14343.0 b	16060.7 a	<u>-10.70</u>
Bh 6369 a **	9787.0 a	8161.5 b	<u>16.61</u>
Bb 664 b **	8885.0 a	6175.4 b	<u>20.50</u>
Bd 6133 b **	8393.4 b	9467.3 a	<u>-11.35</u>
CN c **	6818.0 a	4490.0 b	<u>34.16</u>

Especies y columnas con la misma letra no difieren estadísticamente.

\* = especies de porte erecto y semierecto. \*\* = especies estoloníferas.

En los Figuras 19 y 20, se pueden observar las tendencias seguidas por las ocho gramíneas durante los ciclos de muestreo para producción de materia seca.

Al ordenar las gramíneas de acuerdo con la altura promedio de las plantas (Figuras 11 y 12), se puede notar una coincidencia grande con el puesto ocupado por estas mismas especies para producción de MS en manejo bajo corte, siendo la excepción el Cn.

En esta especie no existe concordancia ya que a pesar de la altura alcanzada, la cobertura del pasto estrella, fue deficiente.

Cuadro 18. Producción de materia seca según punto de muestreo, en el sistema asociado con poró (Kg/ha/5 ciclos).

Especie	Con árboles		Diferencia Pto 2-1 %
	Pto 1	Pto 2	
Pm 16061	3988 b	7124 a	<u>44.0</u>
Pm 16051	4013 b	7909 a	<u>49.3</u>
EE	2588 b	3149 a	<u>17.8</u>
Bb 6780	2756 b	3020 a	<u>8.7</u>
Bb 664	1611 b	1944 a	<u>17.1</u>
Bd 6133	1612 b	1746 a	<u>7.7</u>
Bh 6369	1861 b	2054 a	<u>9.4</u>
Cn	1013 b	1715 a	<u>40.0</u>

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente.

Datos: Promedio de cinco ciclos.

Al analizar el comportamiento especie por especie es necesario recordar que la uniformización de los forrajes coincidió con la poda de los árboles de poró (4/01/1991). En ese mes, las condiciones climáticas prevaletientes (Fig. 2), evidenciaron un balance negativo entre la cantidad de precipitación y la evaporación, en dos periodos bien definidos (Dic-En. y Febr-Abr).

Las especies de porte más erecto (P. maximum 16061 y 16051), produjeron las mayores cantidades de MS (29804 y 27780 kg ms/ha) en los ciclos estudiados (Fig.18), así como en las proyecciones por ha/año en el tratamiento con árboles (48685 y 47782 kg, respectivamente).

En el tratamiento en monocultivo, también esas especies (P. maximum 16051 y 16061) fueron las que tuvieron mayor producción en el tratamiento sin árboles (42024 y 35760 kg/ha/año, respectivamente (Cuadros 18 y 19).

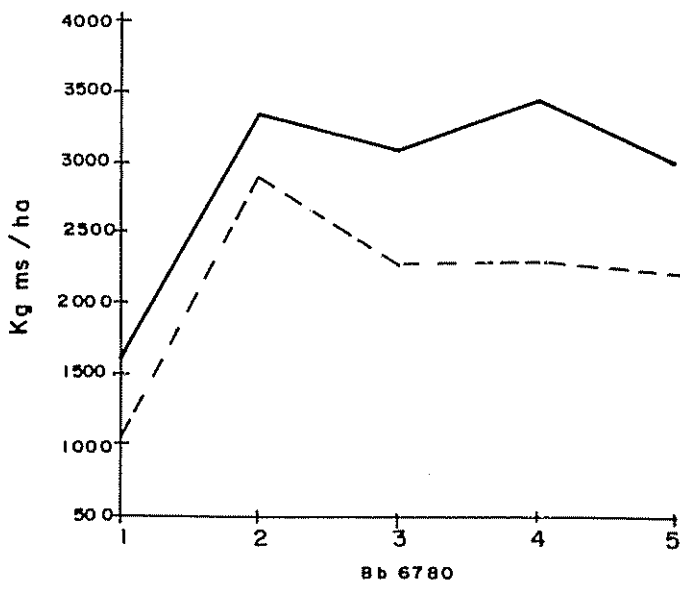
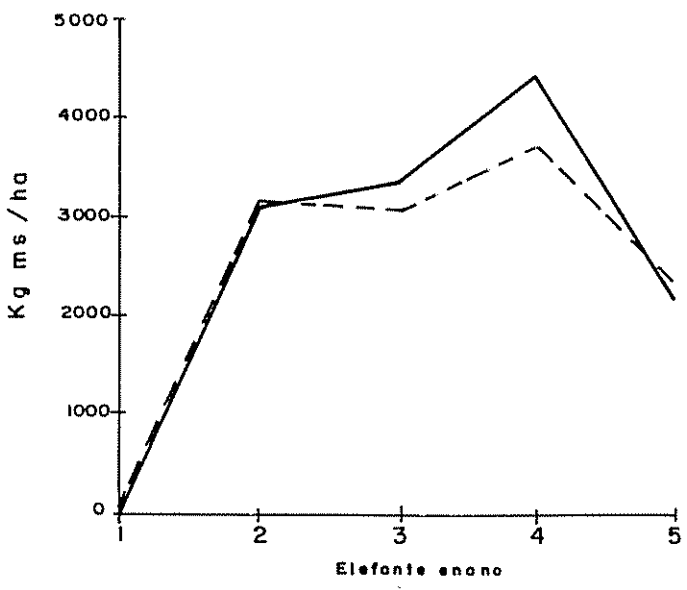
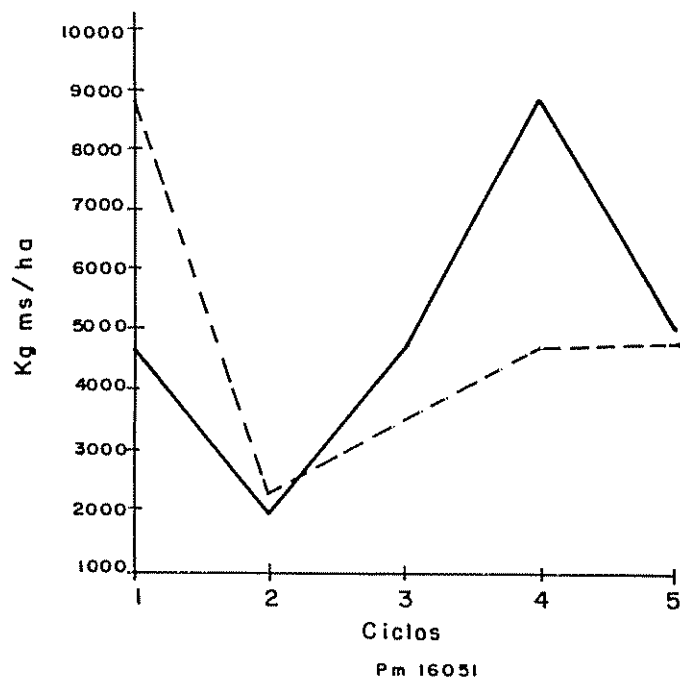
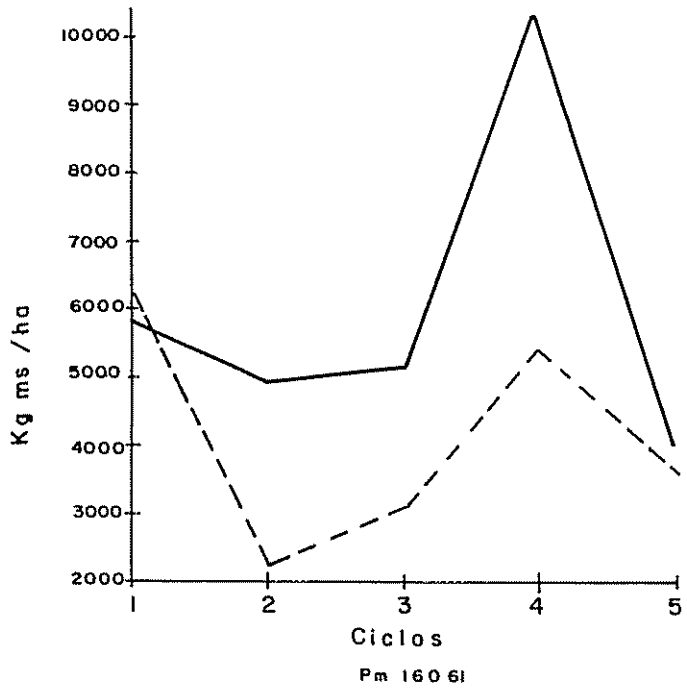


Fig 19 . Producción de materia seca de cuatro gramíneas erectas por ciclo y tratamiento.

SIMBOLOGIA

- CON ARBOLES
- - - SIN ARBOLES

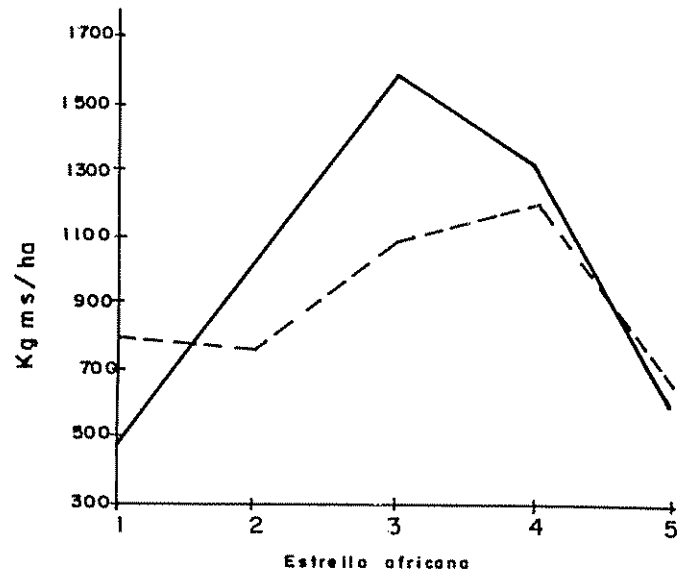
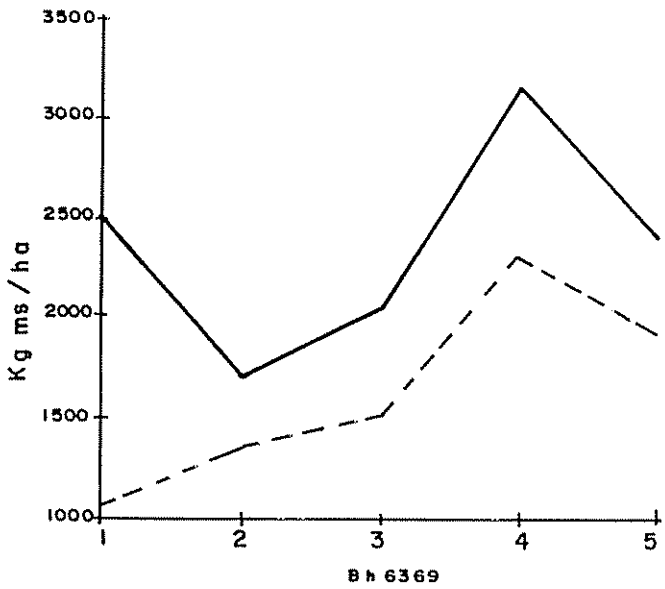
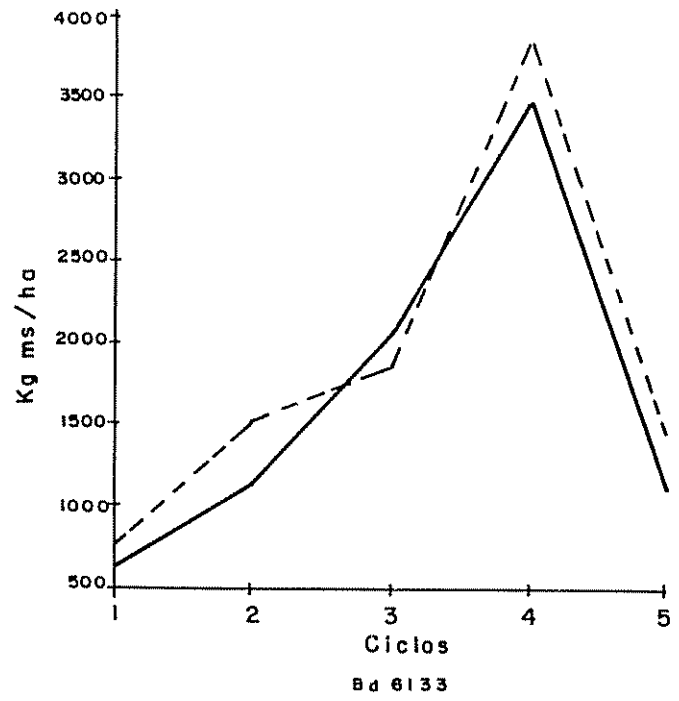
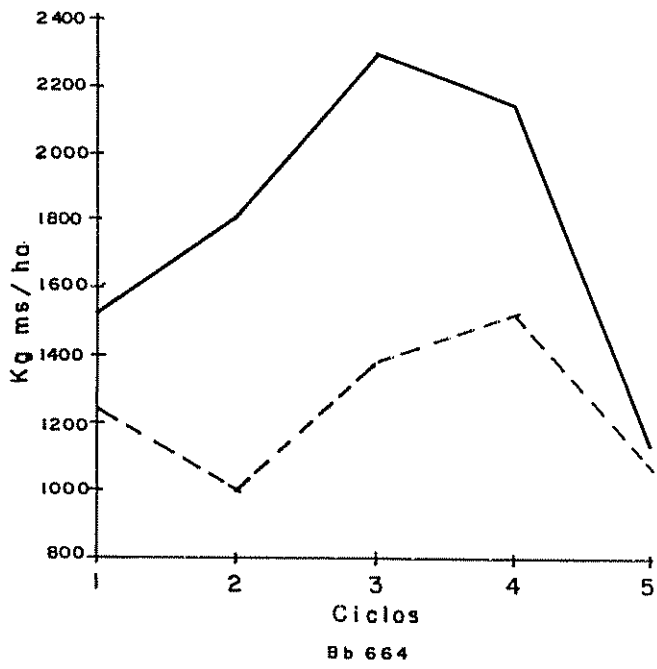


Fig. 20 Producción de materia seca de cuatro gramíneas estoloníferas por ciclo y tratamiento.

**SIMBOLOGIA**

- CON ARBOLES
- - - SIN ARBOLES

El pasto EE y la Bb 6780 comparten un tercer lugar, con diferencias pequeñas en el tratamiento asociado (14437 y 14343 kg MS/ha/5 cortes), sin embargo en el mismo periodo en el tratamiento sin árboles, la diferencia entre ellas es más notoria (5590 kg MS/ha). La producción estimada por año para estas dos gramíneas en el tratamiento con árboles sería alrededor de las 25 toneladas MS/ha/año (Cuadro 19).

Cuadro 19. Producción estimada de biomasa forrajera de ocho gramíneas asociadas con poró y solas (kg/ha/año)

Especie	Prod Gr A *	Prod. hojas Poró	1 Prod.Gra. +hojas poró	Prod Gra 2 sola.	Dif % 1-2
Pm 16061	48685	4133	51263	35760	<u>32.3</u>
Pm 16051	47782	4133	47782	42024	<u>19.0</u>
Bb 6780	24832	4133	28965	18010	<u>37.8</u>
EE	24673	4133	28806	27624	<u>4.1</u>
Bh 6369	20357	4133	24490	16976	<u>30.7</u>
Bb 664	18480	4133	22613	12844	<u>43.2</u>
Bd 6133	17461	4133	21594	19692	<u>8.8</u>
Cn	14186	4133	18319	9339	<u>9.0</u>

Datos: 5 ciclos de gramíneas y 2 podas de poró.

\* = Gramíneas asociadas con poró.

De las cuatro gramíneas estoloníferas, la especie que evidenció la mayor producción en el tratamiento con árboles fue la Bh 6369 con 9787 kg de ms/ha/5 ciclos y la menos productiva fue el Cn con 6818 kg ms/ha/5 ciclos. (Cuadro 19, Fig. 19).

Es interesante remarcar que a la hora de proyectar la producción por ha/año en el tratamiento con poró, la Bh 6369

se acerca a la Bb 6780 y al Elefante Enano, en vista de la mayor frecuencia de corte aplicado a esta especie, tendencia que se modificó en el monocultivo. A pesar del ataque de salivazo, se puede observar en el Cuadro 19 que la B. brizantha 664 superó a la B. dictyoneura 6133 en el tratamiento asociado, debido probablemente a la mayor densidad de la biomasa.

La producción de la Bh 6369, está en función de la mayor densidad de rebrotes, mayor área foliar, mayor cantidad de puntos de enraizamiento y de la mejor cobertura del suelo, cuya densidad del forraje permitirá al ganado en pastoreo, cosechar mayor cantidad MS. En el EE y la Bb 664, la producción de materia seca se ha visto disminuida por el ataque de Helminthosporium en el primero (Ibrahim, 1990) y del salivazo (Deois sp, Zulia sp, Aenolamia sp), en la segunda especie, afectando severamente el vigor de la planta y consecuentemente la producción de MS (Ver 4.10.1). El estrella africana rindió la producción de materia seca más baja, debido al severo ataque de Phylophaga menitriesii, plaga que afectó su vigor, su capacidad de rebrote, la cantidad de puntos de enraizamiento, el área foliar, y la competitividad contra las malezas.

Al observar el comportamiento de las gramíneas de acuerdo al ciclo y tratamiento, se nota una tendencia en ciertas especies de producir mayor cantidad de materia seca en el tratamiento con poró, en todos los ciclos cuando se comparó con el monocultivo (Bb 6780, Bb 664, Bh 6369 y Pm 16061); en otras --al menos en tres ciclos-- la producción fue mayor que el monocultivo, alcanzando en este tratamiento la máxima producción de MS (Pm 16051 y Cn). En EE y la Bd 6133, la producción de MS/ha/año fue mayor en el tratamiento sin árboles. En el Anexo 1 se puede notar claramente que la mayor producción de MS, se concentra en el cuarto ciclo, para un



total de siete especies, período en el cual se conjugan condiciones climáticas típicas de la estación lluviosa, un microclima sin exceso de sombra y la liberación de elementos nutritivos provenientes de la poda del poró, a través del proceso de mineralización.

También se evidencia que siete especies produjeron la menor cantidad de MS en el primero y segundo ciclo, en tanto el pasto estrella mostró una mayor producción en el tercer ciclo y las menores en el primero y último. La tendencia a concentrarse la baja producción para las ocho especies en esos ciclos, puede explicarse por el cambio radical en el microclima y manejo aplicado a los árboles (poda).

Durante el último ciclo, todas las especies declinaron su producción abruptamente en el tratamiento con árboles de poró, con excepción de la Bb 6780 con una disminución únicamente de 92 kg/ha comparado con la máxima producción. También, la Bh 6369 tuvo una declinación en la producción de materia seca más leve que las otras seis especies (Fig.19).

Aunque el experimento no contempló aplicaciones de fertilizante, el reciclaje de nutrientes vía poda de los árboles podría haber influenciado el incremento en la producción de forraje. Además, de mejorar la calidad si se compara con el tratamiento sin árboles.(Cuadros 20 y 21).

#### 4.5. Calidad de las pasturas en términos de DIVMS y PC.

La influencia de los árboles de poró sobre la calidad de las gramíneas se determinó a través de la concentración de proteína cruda y la digestibilidad in vitro.

#### 4.5.1. Proteína Cruda en hojas (PC).

La atenuación de la radiación solar y el mayor contenido de nitrógeno, aumentó en todos los pastos estudiados (hojas), el porcentaje de proteína cruda en el tratamiento asociado con poró ( $P < 0.0022$ ), tendencia concordante con los datos reportados por Deinun (1966); Ericksen y Whitney (1981) en gramíneas desarrolladas en condiciones de campo controladas; con los hallados por Daccarett y Blyndestein (1968), en gramíneas bajo árboles de distinto sombreado; y con los de Bronstein (1984).

En el Cuadro 20, se observa que la mayoría de especies presentaron diferencias en los niveles de proteína cruda ( $P < 0.001$ ), en todo caso superiores a los reportados corrientemente para los pastos tropicales.

La especie que ostentó el porcentaje más alto de proteína cruda fue la Bb 664 (17.57%), debido a la mayor presencia de rebrotes tiernos en la muestra, los cuales tienen un mayor contenido de PC. La presencia de rebrotes tiernos en la muestra obedece al ataque severo de "salivazo", que obligaba a la reposición del área foliar perdida. La menor calidad fue encontrada en el pasto estrella, especie que tuvo diversos problemas tal y como se ha relatado anteriormente.

De acuerdo con los datos reportados en el Cuadro 20, el nivel de proteína encontrado en los pastos asociados con árboles no será un obstáculo (excepto el pasto estrella) para alcanzar niveles razonables de producción en el trópico.

Cuadro 20. Efecto del asocio con árboles sobre el porcentaje de proteína cruda promedio de ocho gramíneas tropicales.

Especie	Con Arb(a)	Sin Arb(b)	Dif.%.
Pm 16061 (b)*	15.9	12.5	21.0
Pm 16051 (b)*	15.7	12.9	17.7
E. Enano (a)*	16.0	14.1	11.5
Bb 6780 (c)*	14.5	11.4	21.5
Bb 664 (a)**	17.5	11.9	32.0
Bd 6133 (c)**	14.1	12.3	13.0
Bh 6369 (c)**	13.6	10.3	24.3
Cn (d)**	12.4	9.1	26.9

Trat. y Col. con la misma letra no son estadíst.diferentes.

\* = edad de rebrote c/42 días y \*\* = edad de rebrote c/35 días

En este sentido los árboles de poró podrían ser utilizados como recicladores de nutrientes y mejoradores de algunas características físicas del suelo, además de proporcionar un ambiente más adecuado al ganado (sombra), en lugar de utilizarse como suplemento protéico como es tradicional, en la dieta animal.

Como se observa también en el Cuadro 20 no todas las especies respondieron de manera semejante al efecto de sombra ( $P < 0.001$ ), y la magnitud de estas diferencias fue diferente en los distintos ciclos, siendo siempre mayor el contenido de PC en los forrajes bajo sombra.

#### 4.5.2. Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS).

Los resultados obtenidos, con respecto al efecto del asocio o no de las gramíneas con árboles sobre la DIVMS se ilustra en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Efecto del asocio con árboles sobre la DIVMS de ocho gramíneas tropicales (%).

Especie	Con Arboles (a)	Sin Arboles (a)
Pm 16061 (b)	54.5	52.2
Pm 16051 (b)	53.7	52.8
EE (a)	57.6	57.3
Bb 6780 (a)	58.1	57.8
Bb 664 (a)	58.5	56.8
Bd 6133 (a)	58.2	56.2
Bh 6369 (a)	58.2	56.0
Cn (c)	51.2	47.8

Tratamientos y especies con la misma letra son iguales estadísticamente.

La digestibilidad media a baja de los pastos tropicales se debe a la presencia de mayor cantidad de pared celular, condición que repercute sobre los niveles de producción de leche que se obtienen en los trópicos (Minson y McLeod, 1970). En condiciones de no asocio con árboles la mayor cantidad de tejidos estructurales obedece en parte a la mayor tasa de evapotranspiración a que son expuestos los forrajes a pleno sol y a la tendencia de emitir tallos florales más temprano que el tratamiento con árboles.

Se observa que las diferencias existentes para la interacción tratamiento x especie fueron estrechas y estadísticamente similares ( $P < 0.286$ ), aunque hubo una tendencia a ser mayor en el tratamiento con árboles.

Sin embargo, entre forrajes las diferencias fueron significativas ( $P < 0.0001$ ). Los gramíneas que mostraron los mayores porcentajes de DIVMS fueron: Bb 664, Bd 6133, Bh 6369 y Bb 6780 siendo semejantes entre ellas, en tanto el estrella

africana ostentó el valor más bajo (Cuadro 21), comparables con los reportados por Bronstein (1984) para la misma especie y sitio.

#### 4.6. Variables medidas en el poró.

##### 4.6.1. Medición de la copa del poró.

La cuantificación de esta variable, fue muy importante para explicar algunas de las tendencias que evidenciaron las gramíneas en su comportamiento. El desarrollo de la copa muestra periodos de reposo, seguidos de crecimiento más acelerado en forma intermitente, cuyo mayor crecimiento se dió en los meses de mayor precipitación y cuando el dosel había crecido 1.40 m en promedio. Después de 2 meses de la poda, la copa había crecido en promedio 1 m en cada dirección, duplicando 4 meses después el tamaño. En la Figura 21 se observa que la simetría en el desarrollo de la copa del poró, medida en las ocho direcciones es similar, por tanto sería posible obtener un estimado confiable realizando mediciones en cuatro direcciones, solamente.

##### 4.6.2. Producción forrajera del poró.

El poró proporciona cantidades apreciables de forraje en forma periódica manejado a través de podas (Cuadro 22).

En el estudio realizado, se evidencia la capacidad productiva de biomasa en sus componentes: hojas, tallo tierno y tallo leñoso (Cuadro 22).

Cuadro 22. Producción promedio de biomasa / árbol de poró y total/ha, según componentes (kgs ms).

Poda Nº	Hojas (kg)	Tallo tierno (kg)	Tallo leñoso (kg)
1	6.51	0.77	7.95
2	8.80	1.1	6.91
	(Kg ms/ha)	Kg ms/ha	Kg ms/ha
1	1811.6	214.76	2212.2
2	2464.4	305.10	1921.0
TOTAL	4276.0	579.86	4133.2

Densidad: 278 arb/ha.

La producción forrajera del poró desglosada en componentes, presentó algunos cambios cuando se compararon las dos podas analizadas. En la primera, efectuada durante el periodo seco (Fig. 2), la producción de hojas y tallo tierno, fue menor en tanto el tallo leñoso fue el componente que mostró la mayor proporción (Cuadro 22). La menor proporción de hojas encontrada en la primera poda, es respuesta fenológica al estrés hídrico (Borchert, 1980), en tanto el componente leñoso no sufre cambios en ese periodo. En la segunda poda (meses lluviosos), la cantidad de hojas aumentó y fue superior a la cantidad producida de tallo leñoso, el cual decreció con respecto a la primera poda. El tallo tierno aumentó también con respecto a la poda anterior (Cuadro 22).

La producción obtenida de los árboles de poró en las dos podas es menor que la reportada por otros autores, bajo condiciones muy parecidas. La razón podría estar en la proveniencia de los datos de comparación (Sistemas

agroforestales), donde se hacen aplicaciones de fertilizante al cultivo asociado. También, el manejo precedente al experimento (libre crecimiento) y la menor capacidad de reacción de los árboles viejos, ante un cambio radical en el manejo.

Aunque, el nivel de producción de biomasa no es tan alto como los reportados por otros autores (Russo, 1984), la producción forrajera del sistema aumenta en más de 4000 kg de materia seca/ha/año.

#### 4.7. Densidad de malezas (Nº/m<sup>2</sup>)

La cantidad de malezas encontrada en las unidades experimentales, difirió según el tratamiento ( $P < 0.027$ ), siendo mayor la densidad en las parcelas sin árboles, acorde con lo reportado por Bronstein (1984).

Las condiciones edafoclimáticas propias del sistema asociado, la menor incidencia de luz sobre la superficie del suelo y el mejor reciclaje de nutrientes producen efectos positivos para las forrajeras las cuales compitieron mejor por espacio y luz que las malezas. En el Cuadro 23, se anotaron las malezas más comunes encontradas en el experimento.

Entre los forrajes se encontraron diferencias marcadas ( $P < 0.0001$ ), con respecto a su capacidad de competir con las malezas. El mayor número de malezas correspondió a las forrajeras que tuvieron problemas en el establecimiento y/o durante los meses posteriores.

Cuadro 23. Composición florística de las malezas en porcentaje, según tratamiento.

----- Especie forrajera	Con Arboles (%)	Sin Arboles (%)
-----	-----	-----
<u>Xanthosoma sp</u>	40	12
<u>Bidens pilosa</u>	5	19
<u>Galinsoga parviflora</u>	15	11
<u>Cyperus sp</u>	21	22
<u>Sida sp</u>	5	8
<u>Mimosa pudica</u>	3	10
<u>Paspalum fasciculatum</u>	8	12
Otras	3	6
-----	-----	-----

Datos: De tres muestreos.

El estrella africana, contabilizó la mayor densidad de malezas el cual fue de 33 y 38 malezas/m<sup>2</sup>, seguida del Elefante Enano Cv Mott con 15 y 20 malezas para el tratamiento asociado con árboles y solo, respectivamente (Cuadro 24).

El resto de materiales forrajeros tuvieron un comportamiento muy similar siendo la Bb 6780 asociada con árboles la que presentó el menor número de malezas (2/m<sup>2</sup>). En monocultivo la Bh 6369 fue la que presentó la menor invasión (Cuadro 24).

El comportamiento de las malezas fue diferente durante las mediciones realizadas ( $Pr > F = 0.0001$ ). Durante el primer muestreo en febrero (período seco), la cantidad fue menor, aumentó en abril y alcanzó la mayor densidad/m<sup>2</sup> en junio (período lluvioso).



Cuadro 24. Efecto del asocio con árboles sobre densidad promedio de malezas (N /m<sup>2</sup>), según gramínea.

Especie	Con Arb (b)	Sin Arb (a)	Dif. %
Pm 16061 (c)	2	10	80.0
Pm 16051 (c)	4.1	13	68.5
EE (b)	15	20	25.0
Bb 6780 (c)	2	4.3	53.5
Bb 664 (c)	3.7	5	24.0
Bd 6133 (c)	5.7	5	-12.3
Bh 6369 (c)	4	3	-25.0
Cn (a)	33	38	13.2

Datos: 3 muestreos.

Forrajes y tratamiento con letra igual, no difieren estadísticamente.

En resumen la cantidad de malezas encontradas en ambos tratamientos aparte del Estrella y Elefante Enano no representó un problema para el establecimiento adecuado de las pasturas. Es necesario acotar que durante el período de observaciones no se combatió maleza alguna dentro del experimento, ya que era parte del presente trabajo determinar si el asocio o no con árboles favorece la invasión de malezas.

#### 4.8. Principales plagas y enfermedades que afectaron los pastos.

El salivazo (*Aenolamia* sp), es la plaga que más daños causó a las brachiarias. Sin embargo, la accesión más perjudicada fue la *B. brizantha* CIAT 664 y la que no evidenció daño fue la *B. brizantha* CIAT 6780, debido a que presenta características de antibiosis (Ferrufino, 1987).

La primera, procedente de la Estación Experimental Los Diamantes del M.A.G., fue reportada como Buena-Excelente, respecto a plagas y enfermedades (Vallejo, 1988). No obstante, las diferencias podrían deberse a la mayor cantidad de materiales evaluados y al tamaño menor de las parcelas, pertenecientes al experimento de con nuevas forrajeras (Vallejo, 1988).

El deterioro del Estrella y posiblemente la B. brizantha 664, se debe en gran parte a la presencia del joboto (Phylophaga menetriesi), desde el final de junio hasta Octubre en forma cíclica (tercer estado larvario). Durante el tercer estado larvario, es cuando el joboto presenta la mayor voracidad ya que debe prepararse para completar el ciclo biológico (King, 1985). Esta etapa coincide con la caída en la producción de materia seca del Estrella en los dos tratamientos (Fig. 20), en el cual esta plaga basa su alimentación en raíces de gramínes --preferiblemente raíces de estrella y de caña de azúcar-- emigrando posteriormente, hacia horizontes más profundos hasta encontrar suelo compacto.

En esa condición, forma una celda por lo general a 20-30 cm de profundidad, complicando el control tradicional con pesticidas (Shanon, P., comunicación personal).

#### 4.9. DISCUSION GENERAL.

Los resultados obtenidos de las variables cuantificadas muestran tendencias importantes con respecto al asocio de gramíneas forrajeras con el componente arbóreo, en especial con aquellas leñosas fijadoras de nitrógeno y de uso múltiple, como el poró.

Algunas gramíneas mostraron un comportamiento sobresaliente indiferentemente del tratamiento aplicado, en la mayoría de variables estudiadas. Así por ejemplo las dos accesiones de P. maximum, la B. brizantha CIAT 6780 y la B. humidicola fueron los materiales que produjeron las mayores cantidades de materia seca/ha; forrajeras que a su vez ostentaron la mayor área foliar. La B. humidicola mostró la mayor área foliar, el mayor número de puntos de enraizamiento, buena cobertura, la menor densidad de malezas, mayor densidad de rebrotes y ostentó la mayor producción de materia seca de las cuatro especies estoloníferas. También, no manifestó cambios sustanciales en el tiempo en lo que respecta a: cobertura según tratamiento, la cantidad de rebrotes, la producción de materia seca y área foliar, características en

las cuales fue sobresaliente al compararla con las otras tres estoloníferas.

Esta gramínea, por tanto --a pesar de ser la de menor altura, pero con mayor densidad del forraje, le permite mayores posibilidades de éxito en un sistema de pastoreo muchas veces abusivo, en el cual la exposición de los puntos de crecimiento a ser removidos por los cosechadores, ocasiona problemas en la persistencia de la forrajera.

Por lo general, existió una relación estrecha entre las especies que presentaban una mayor área foliar y la producción de materia seca en ambos tratamientos, siendo más notoria en el aquél asociado con árboles. La producción de materia seca/ha fue mayor en el tratamiento asociado a pesar de la reducción en la cantidad de luz fotosintéticamente activa que incidió sobre las pasturas. Es evidente que la presencia de los árboles en el reciclaje de nutrimentos es muy importante en la sostenibilidad y nivel de producción de las gramíneas asociadas. Aquellas especies forrajeras con mayor área foliar en el tratamiento con árboles, tuvieron mayores probabilidades de interceptar luz, ventaja que se evidencia en su mayor producción de materia seca, permitiéndole también, acumular reservas para su futura recuperación después del corte.

El consumo de las especies de plantas tropicales de porte erecto, va a estar limitado por la baja densidad de hojas

El consumo de las especies de plantas tropicales de porte erecto, va a estar limitado por la baja densidad de hojas existente en el horizonte de pastoreo (Stobbs y Hutton, 1974), por tanto aquellas especies con mayor área foliar, mayor relación hoja:tallo, mayor densidad del forraje y mejor cobertura tendrán prioridad ante aquellas con mayor altura pero deficientes en las características antes expuestas.

En el comportamiento fenológico de las especies forrajeras, cuando éstas avanzan en la fase de maduración, usualmente la relación hoja:tallo declina rápidamente (Norton, 1982). Esta situación se presentó sobre todo en la B. dictyoneura CIAT 6133, la cual manifestó una tendencia errática y persistente de emisión de tallos florales, concordante con la reportada por Diulgueroff (1991).

Algunos materiales presentaron susceptibilidad al ataque de diferentes patógenos, insectos y nemátodos, razón por la cual su posterior uso se vió comprometido (B. brizantha CIAT 664 y el Estrella).

Se confirma preliminarmente la oportunidad que brindan los sistemas silvopastoriles, en la solución integral, sostenible y económicamente asequible a los productores de diferentes regiones y nichos ecológicos. Las accesiones más promisorias después de cinco ciclos son preliminarmente las siguientes: P. maximum CIAT 16051 y 16061, B. brizantha CIAT 6780, y la B. humidicola CIAT 6369. Las otras cuatro se descartaron por diferentes motivos explicados anteriormente.

## 5. CONCLUSIONES.

- 1- Los resultados evidenciaron, que existen forrajeras que se adaptan bien a regímenes de sombra moderados, mejorando más bien la cantidad y calidad del forraje producido.
- 2- Los datos generados indican que el tratamiento con árboles, es el mejor sistema en la mayoría de las variables estudiadas.
- 3- El estudio realizado evidencia el potencial que tiene el asocio de pasturas con árboles multiusos como el poró, en la obtención de alternativas viables para el pequeño y mediano productor agropecuario.
- 4- A pesar de la reducción en la cantidad de radiación fotosintéticamente activa incidente sobre las gramíneas asociadas con poró, la producción de materia seca/ha superó en la mayoría de los pastos estudiados al tratamiento en monocultivo. Este hecho pone de manifiesto, la ayuda que brindan los árboles en el ciclaje de nutrientes y en la mejora de las condiciones de microclima donde crecieron esas forrajeras.
- 5- El manejo bajo podas del poró cada 6 meses y la sombra que proyecta sobre las gramíneas forrajeras, no fue un obstáculo para el desarrollo y producción de la mayoría de pastos investigados.
- 6- Se recomienda utilizar los árboles como recicladores de nutrientes, mejoradores de las características físicas del suelo y otros servicios tales como sombra al ganado.

7- Se vislumbran cuatro de las ocho gramíneas forrajeras estudiadas, con buenas posibilidades para ser utilizadas en experimentos posteriores bajo pastor

8- Las variables tomadas en cuenta para la evaluación del experimento, así como la metodología desarrollada para la obtención de los datos, evidenció ser muy buena y acorde con el enfoque de sistemas de producción.

## 6. RECOMENDACIONES.

- 1- Continuar con el experimento durante dos años más aproximadamente, con la finalidad de comprobar si las tendencias mostradas durante los primeros cinco cortes son duraderas.
- 2- Diseñar un ensayo para pastoreo y utilizar las dos gramíneas que hayan sobresalido en este estudio, preferiblemente una de porte erecto y otra estolonífera.
- 3- Incluir en el experimento variables de respuesta relacionadas con el ciclaje de nutrimentos.
- 4- Ampliar las investigaciones a otros ecosistemas, con la finalidad de evaluar el comportamiento de las forrajeras al asociarlas con árboles como alternativa plausible para los pequeños productores del trópico Centroamericano.



## 7. BIBLIOGRAFIA

- AUDA, H.; BLASER, R.E.; BROWN, R.H. 1966. Tillering and carbohydrate contents of orchardgrass as influenced by environmental factors. *Crop Science (EE.UU)*. 6:139-143.
- BLAIR, G.; CATCHPOOLE, D.; HORNE, P. 1990. Forage tree legumes: their management and contribution to the nitrogen economy of wet and humid tropical environments. *Advances in Agronomy (EE.UU)*. 44: 27-55.
- BEER, J. 1980. Erythrina poeppigiana con pasto. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 4 p. (Mimeogr.)
- BENAVIDES, 1983. Investigación en árboles forrajeras. IN Curso corto intensivo técnicas agroforestales. Nov. 8-18; 1983. CATIE, Turrialba. L. Babbar, Comp.
- BOGDAN, A.V. 1977. Tropical pasture and fodder plants (Grasses and legumes). *Tropical Agriculture Series*. Longman N.Y, EE.UU. 475 p.
- BORCHERT, R. 1980. Phenology and ecophysiology of tropical trees: Erythrina poeppigiana O.F. Cook. *Ecology* 61:1065-1074.
- BRYAN, W.B.; VELASQUEZ, E.R. 1982. Legume establishment in pangolagrass pastures in the humid tropics. IN "Biological Nitrogen Fixation Technology for Tropical Agriculture" (P.H. Graham y S.C. Harris, Eds). CIAT, Cali, Colombia. p 355- 360.
- BRONSTEIN, G. 1984. Producción comparada de una pastura de Cynodon plectostachyus asociada con árboles de Cordia alliodora, con árboles de E. poeppigiana y sin árboles. Thesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 110p.

- BRONSTEIN, G.E. 1983. Los árboles en la producción de pasto. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 8 p.
- BUDOSWKI, G. 1981. Aplicability of agro-forestry systems. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 12 p. (Mimeogr).
- , 1983. An attempt to quantify some current agroforestry practices in Costa Rica. IN Consultative meeting on Plant Research and Agroforestry. Proceedings. Edited by P.A. Huxley. Nairobi, Kenya. pp. 43-62.
- , KASS, D.; RUSSO, R. 1984. Leguminous trees for shade. Pesq. Agrop. Bras (Brasil) 19:205-222. (pag.irr)
- BUSTAMANTE, J.; ROMERO, F. 1991. Producción ganadera en un contexto agroforestal: Sistemas Silvopastoriles. Carta de RispaI (IICA) 20:3-11.
- CARMONA, E.A.; RODRIGUEZ, HL. 1979. Comparación de nueve cultivares y un híbrido de pasto Elefante (Pennisetum purpureum Schum) en el Sur del Lago de Maracaibo. Revista de la Facultad de Agronomía-Universidad de Zulia (Ven.) 5: 514-521.
- CANTLIFFE, D. 1972. Nitrate acumulation in spinach grown under different light intensities. Journal of the American Society on Horticultural Science (EE.UU) 97:152-154.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1990. Primer Informe de Avance. 2ª Fase. Proyecto de Sistemas Silvopastoriles para el Trópico humedo. Turrialba, Costa Rica. 100 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1986. Informe Anual 1985. Pastos Tropicales. Documento de Trabajo N° 17. CIAT, Cali, Colombia. 408 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1987. Informe Anual 1986. Pastos Tropicales. Documento de trabajo N° 24. CIAT, Cali, Colombia. 347 p.

- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1988. Informe Anual 1987. Pastos Tropicales. Documento de trabajo Nº 45. CIAT, Cali, Colombia. Pi.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1989. Informe Anual 1988. Pastos Tropicales. Documento de Trabajo Nº 59. CIAT, Cali, Colombia. pi.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1990. Informe Anual 1989. Pastos Tropicales. Documento de trabajo Nº 69. CIAT, Cali, Colombia. Pi.
- COOPER, J.P.; BREEZE, E.L. 1971. Plant breeding: forage grasses and legumes. In: Potential Crop Production. A case Study. P.F. Wareing and P.J.Cooper (eds) Heinemann, London (England) pp. 295-318.
- COSGROVE, D. 1982. Control of stem elongation by blue light. What is new in plant physiology (EE.UU) 13:5-8.
- CRUZ F., H.; WEGE, L. 1988. Evaluación agronómica de tres ecotipos de Pennisetum purpureum Schum. en el altiplano de La Esperanza, Honduras. In Reunión Anual del PCCMCA (34, 1988, San José, C.R.). Memorias. San José, C.R. s.p.
- DACCARETT, M.; BLYNDESTAIN, J. 1968. La influencia de los árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. Turrialba (Costa Rica) 18:405-408.
- DEINUM, B. 1966. Influence of climatological factors on the chemical composition and feeding value of herbage. In International Grassland Congress, 10th, Helsinki, 1966. Proceeding. Helsinki, Finland. pp. 415-418.
- DIULGUEROFF, S. 1991. Fenología, rendimiento y calidad fisiológica de la semilla de Brachiaria dictyoneura Stpf. cultivada en Costa Rica. Tesis Mag. Sci. CATIE, Turrialba, Costa Rica. (en prensa).
- ERICKSEN, F., WHITNEY, S. 1981. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. I. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. Agronomy Journal 73(3):427-433.

- FERRUFINO, A. 1985. Dinámica de población de cercópidos en dos especies de *Brachiaria*. Pastos Tropicales, Boletín Informativo (Colombia) 7(2):11-13.
- FLEMENBAUM, I. 1986. Cría de ganado lechero en zonas cálidas. Centro Internacional para el Desarrollo Agrícola (CINADCO). Ministerio de Agricultura, Israel. 21 p.
- FUENTES P., C.E. 1989. Efecto de la edad sobre la producción de materia seca y calidad nutritiva de los pastos Elefante Enano (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv. Mott y King Grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*). Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R., CATIE. 85 p.
- GRAY, S.G. 1970. The place of trees and shrubs as sources of forage in tropical and subtropical pastures. Tropical Grasslands 4:57-62.
- HENZELL, E.F. 1963. Nitrogen fertilizer responses of pasture grasses in south-east Queensland. I. Results of field experiments. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry (A.C.S.) 3:300-306.
- HODGSON, J. 1981. The influence of variations in the surface characteristics of the sward upon the short-term rate of herbage intake by calves and lambs. Grass and Forage Science. 36:39-45
- HOLDRIDGE, L.R. 1978. Ecología basada en Zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p. Serie de libros y materiales Educativos n 34.
- HOYOS, P.; LASCANO, C. 1985. Calidad de *Brachiaria humidicola* en pastoreo en un ecosistema de Bosque semi-siempre verde estacional. Pastos Tropicales, Boletín Informativa (Colombia) 7(2):3-5.
- HUTTON, M.E. 1981. Leucaena, leguminosa arbórea promisoría para América del Sur. Pastos Tropicales. Bol.Inf.-CIAT-Cali, Colombia N° 5: 11 p. Dic.1981.

- IBRAHIMM M. 1989. Responses of dwarf elephant grass (Pennisetum purpureum Schum) to different frequencies and intensities of grazing in the humid zone of Guápiles, Costa Rica. Thesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 123 p.
- IMBACH, A.C. 1987. Lixiviación de nutrimentos principales en cuatro sistemas agroforestales con cultivos perennes en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. UCR-CATIE. 167 p.
- KALMBACHER, R.S.; EVERETT, P.H.; MARTIN, F.G. QUESENBERRY, R.H.; HODGES, E.M.; RUELKE, O.C.; SCHANK, S.C. 1987. Yield and persistence of perennial grasses at Immokalee, Florida; 1981 to 1984. Florida Agricultural Experiment Station. Bulletin Nº 865. 12 p.
- KHAN, E.I.A.; MARK, W.H. 1983. Some initial results of field trials conducted in establishment a pasture seed industry in Cojedes state, Venezuela. In International Grassland Congress (14., 1981, Lexington, Ky). Proceedings. Lexington, Ky. p 429.
- KASS, D. 1987. Alley cropping annual food crops with woody legumes in Costa Rica. In J.W Beer; H.W. Fassbender; J. Heuvel dop (eds), Advances in Agroforestry Research. Dpto de Recursos Naturales, CATIE, Turrialba, Costa Rica. p 245-258.
- KING, A.B.S. 1984. Biology and identification of White Grubs (Phyllophaga) of economic importance in Central America. Tropical Pest Management 30(1):36-50
- LARCHER, W. 1975. Physiological plant ecology. Trad. del alemán por M.A. Biedermanthursen. Ed. rev. Berlín, Springer, 1975. 252 p.
- LAGEMANN, J.; HEUVELDOP, J. 1983. Characterization and evaluation of agroforestry systems: the case of Acosta-Puriscal, Costa Rica. Agroforestry Systems Great Britain 1:101-115.
- LAL, R.; CUMMINGS, D.J. 1979. Clearing tropical Forest. I. Effects in soil and microclimate. Field Crops Research (EE.UU) 2:91-107.

- LIBREROS, J.H.F. 1990. Efecto de depositar en el suelo material de poda de poró (Erythrina poeppigiana) sobre la producción y calidad de la biomasa del king grass (Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides) establecido en asocio.
- LUDLOW, M.M.; NG, T.T. 1974. Water stress suspends leaf ageing. *Plant Science Letters* 3: 235-240.
- LUDLOW, M. 1980. Stress physiology of tropical pasture plants. *Tropical Grasslands (Australia)* 14:136-145.
- MAS RESISTENCIA de la *Brachiaria* al Salivazo. 1989. *CIAT International* 8(1):8-10.
- MATA, P.J. 1963. Nuevos pastos de altura y su fertilización. San José Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Boletín Técnico Nº 44. 26 p.
- MAZZARINO, M.J.; OLIVA, L.; NUÑEZ, A.; NUÑEZ, G.; BUFFA, E. 1991. Nitrogen Mineralization and Soil Fertility in the Dry Chaco Ecosystem (Argentina). *Soil Sci.Soc.Am.J.* (EE.UU) 55:515-522.
- MIRANDA, J.; MORA, M.I.; PIEDRA, M.; NAVARRO, J.R. 1989. Evaluación de especies forrajeras para el trópico muy húmedo. I. Establecimiento y Adaptación de gramíneas. Resúmenes VIII Congreso Centroamericano y del Caribe en Med. Vet. y Zootec.; VI Congreso Nacional de Med.Vet. y V conferencia de Prod. Animal. San José, Costa Rica. pp52.
- Mc DOWEL, R.E. 1972. La fisiología de la regulación del calor en el ganado. *Hacienda (Arg)* 4: 23-30.
- MONTEIRO, D.J. 1982. da C.C.M.; de LUCAS, E.D.; SOUTO, M.S. 1974. Estudio de seis especies forrageiras do género Brachiaria. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira Serie Zootecnia (Brasil)* 9:17-20.
- MUÑOZ, M.K. 1985 La Amazonía ecuatoriana también tiene su pasto mejorado: INIAP-NAPO- 701 (Brachiaria humidicola). *Pastos Tropicales, Boletín Informativo (Colombia)* 7:1-3.

- NOBLE, P.J. 1972. Photosynthetic efficiency of pastures and forage crops. New Zealand J. of Agric. Res. (New Zealand) 15:676-686.
- ODUM, E.P. 1972. Ecología. Trad del inglés por C.G. Ottenwaelder. 3ª. ed. México, Interamericana. 639 p.
- ORDOÑEZ, H.; REYES, C.; SANTHIRASEGARAM, K. 1985. Distancia de siembra, producción de forraje y competencia de la planta del pasto guinea (Panicum maximum). Pasturas Tropicales (Colombia) 7(3):8-10.
- PEZO, D. 1981. La calidad nutritiva de los forrajes. IN Producción y utilización de forrajes en el trópico. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Materiales de Enseñanza, CATIE Nº 10. PP 70-102.
- PRIETO, M.A. 1989. Gramíneas y leguminosas forrajeras de uso potencial en Urabá, Colombia. Carta Ganadera (Colombia) 6:12-20.
- RAMIREZ, D. 1987. En plena marcha la introducción de pasturas mejoradas en los Llanos Orientales de Colombia. Pasturas Tropicales (Colombia) 9(1):38-39.
- ROBINSON, D. 1947. Leguminous forage plants. 2d. ed. London, E. Arnold. 119 p.
- ROCHA, G.L.; ALCANTARA, V.G.G.; ALCANTARA, P.B. 1983. Animal production from Brazilian tropical pastures. Proceedings 14th International Grassland Congress, Lexington, Kentucky, USA, p 771-774.
- ROSS, J. 1981. The radiation regime and architecture of plant stands. The Hague, Holanda, Dr W. Junk Publishers. p.383-389.
- RODRIGUEZ, C.S.; MORILLO, D.E. 1977. Influencia de la frecuencia de corte y fertilización sobre el mantenimiento y composición de Cynodon nlemfuensis. Agronomía Tropical (Venezuela) 27:613-619.

- RUSSO, R.O. 1981. Arboles con pasto, justificación y descripción de un caso en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 12 p.
- RUSSO, R.O. 1983. Efecto de la poda de Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F.Cook (poró), sobre la nodulación, la producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal "Café-Poró". Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 108 p.
- SALINAS, J.G; GUALDRON, R. 1982. Adaptación y requerimientos de fertilización de Brachiaria humidicola (rendle) Schweickt en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. Pasturas Tropicales. CIAT, Cali, Col., CIAT. 21 p.
- SALINAS, J.G.; PERDOMO, C.E. 1985. Producción y calidad forrajera de Brachiaria humidicola con fertilización y uso de escardillos en Carimagua, Colombia. In Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo (9, 1985, Cali, Col). Trabajos. Cali, Col. 14 p.
- SALISBURY, F.; ROSS, C.W. 1978. Plant physiology. 2da ed. Wadsworth (Cal) 500 p.
- SANCHEZ, P.A.; SALINAS, J.G. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. Advances in Agronomy (EE.UU) 34:279-406.
- SANDULSKI, T. 1978. Brachiaria: Taxonomy of cultivated and native species in Brasil. Hoehnea (Bra.)7:99-139.
- SAS (Statistical Analysis Systems). 1991. SAS User's guide: Statistics. 6a ed. Cary, N.C., EE.UU. 956 p.
- SEIFFERT, N.F. 1980. Gramíneas forrageiras do género Brachiaria. EMBRAPA-CNPQC, Campo Grande, MS., Brasil. Circular Técnica Nº1. 83p.
- SIMAO NETO, M.; SERRAO, E.A.S. 1974. Capim "Quicuio da Amazonia" (Brachiaria sp). IPEAN, Belem, Brasil. Boletín Técnico Nº 58. 17 p.



- SPRAGUE, V.; SULLIVAN, J. 1950. Reserves of carbohydrates in orchardgrass clipped periodically. *Plant Physiol.* 25-92.
- SOLLENBERGER, L.E.; PRINE, G.M.; OCUMPAUGH, W.R.; HANNA, W.W.; JONES, Jr.; SHANK, S.C.; KALMBACHER, R.S. 1988a. Registration of "Mott" Dwarf Elephantgrass. Gainesville, Universidad de Florida. In Conferencia Internacional sobre Ganadería en los Trópicos (1988, Gainesville, Fla.) (Informe). Gainesville, Centro de Agricultura Tropical de la Universidad De Florida. p.ir.
- SOLLENBERGER, L.E.; PRINE, G.M.; WOODARD, K.R.; JONES, C.S. 1988b. Métodos para el establecimiento del pasto Elefante Enano cultivar "Mott". In Conferencia Internacional sobre Ganadería en los trópicos (1988, Gainesville, Fla.) (Informe). Gainesville, Centro de Agricultura Tropical de la Universidad de Florida. p. A11-A18.
- SOLLENBERGER, L.E.; JONES, C.S. 1989. Leaf dry matter accumulation, herbage nutritive value, and animal performance on "Mott" Dwarf Elephantgrass pasture. Gainesville, Universidad de Florida.(In press).
- SOMARRIBA, E. 1990. Que es agroforestería?. *El Chasqui (CATIE,C:R:)*24:5-13.
- SOMARRIBA, E. 1982. Guayaba (Psidium guajava L) asociado con pastos. Métodos de análisis volumétrico y potencial de producción de leña. Turrialba, Costa Rica CATIE. 1982. 33 p.
- SPEEDING, C.R.W. 1971. *Grassland Ecology*. Oxford University Press. London 221p.
- STOBBS, H. 1975b. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. *Tropical Grasslands (Australia)* 9:141-150.
- STOBBS, T.H.; HUTTON, E.M. 1974. Variation in canopy structures of tropical pastures and their effects on grazing behaviour of cattle. *Proc. 12th Int.Grassl. Congr., Moscow, 1974, Section 5.* P.680-687.

- TALLER SISTEMAS AGROFORESTALES EN AMERICA LATINA. 1979. Actas. Ed. por G de las Salas. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 226 p.
- TOLEDO, J.M. (ed.). 1982. Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 168 p.
- TOMAS, D.; GROF, B. 1986. Some pastures species for the tropical savannas of South America. III. *Andropogon gayanus*, *Brachiaria* spp. and *Panicum maximum*. Herbage Abstracts (G.B.) 56:557-565.
- TERGAS, L.E. 1981. El potencial de *Brachiaria humidicola* para suelos ácidos e infértiles en América Tropical. Pastos Tropicales Bol.Inf.- CIAT-Cali, Colombia. 4:12-13. Agosto, 1981.
- t, MANNETJE, L. 1984. Nutritive value of tropical and subtropical pastures, with special reference to protein and energy deficiency in relation to animal production. In herbivore Nutrition in the Subtropics and Tropics (Eds.F.M.C. Gilchrist and R.I.Machie) pp 50-66. The Science Press Ltd:South Africa.
- TORO O, M. N. 1990. Producción animal de pasturas de *Brachiaria humidicola* (CIAT 679) solo y en asociación con *Desmodium ovalifolium* (CIAT 13089) bajo un sistema de manejo flexible del pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 111 p.
- TORRES, F. 1983. Role of woody perennials in animal agroforestry. Agroforestry Systems 1(2):131-163.
- WARD, C.Y.; BLASER, R.E. 1961. Carbohydrate food reserves and leaf area in regrowth of orchardgrass. Crop Sci. (EE.UU) 1:366-370. xx
- WONG, C.C. 1978. The influence of shading and defoliation on growth and forage quality of green panic and siratro in pure and mixed swards. M. Agr. Sci. Thesis, University of Queensland Australia.

- WONG, C.C.; WILSON, J.R. 1980. Effects of shading on the growth and nitrogen content of Green Panic and Siratro in pure and mixed sward defoliated at two frequencies. Australian J. of Agric. Research. (Australia) 31: 269-285.
- ULATE M.R. 1975. Efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento, composición química y digestibilidad in vitro de cinco forrajes tropicales. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, 89 p.
- VAN HEURCK B.,L.M. 1990. Evaluación del psto Estrella (Cynodon nlemfuensis) solo y asociado con las leguminosas forrajeras Arachis pintoii CIAT 17434 y Desmodium ovalifolium CIAT 350 en la producción de leche y sus componentes. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 111 p.
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminants: Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plants fibers. Corvallis, Oregon, O. and B. Books. 374 p.xx
- VALLEJO, A.; PIZARRO, E.; CHAVES,C.;PEZO, D.; FERREIRA, P. 1989. Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 1. Ecotipos de Brachiaria. Pasturas Tropicales (Colombia) 11:2-9.xx
- VALLES, C.R. 1985. Susceptibilidad de ecotipos de Brachiaria spp. al ataque de salivazo. Pastos tropicales, boletín informativo (Col) 7:9-10.
- VENEGAS, T. 1971. Resumen sobre algunos aspectos silviculturales del Alnus jorullensis H.B.K. III Foro de Corporaciones Forestales. Manizales, Colombia. 5 p.
- VEIGA, J.B.; SERRAO, E.A. 1987. Recuperación de pasturas en la región este de la Amazonía brasileña. Pasturas tropicales. Boletín. 9:40-43.
- VICKERY, P.J. 1981. Pasture Growth Under Grazing. In Morley, F.H.W.(Ed). Grazing Animals. Elsevier. Amsterdam. The Netherlands. p 55-77.

8- ANEXOS.

Anexo 1. Ciclo de mayor producción por especie en el tratamiento con árboles.

Especie	C1	C2	C3	C4	C5
BB 6780	-			+	
PM 16061		-		+	
EE	-			+	
CN	-	-	+		
BB 664			+	+	-
BD	-			+	
BH		-		+	
PM 16051	+	-		+	

Período Febrero-Julio 91

+ = Mayor producción

- = Menor producción