

**EFFECTO DEL *Arachis pintoii* Y LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA  
SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA EN  
PASTURAS DE *Brachiaria brizantha* CV. TOLEDO Y *Brachiaria*  
HÍBRIDO CV. MULATO II**

**MARIO FRANCISCO ULATE SÁNCHEZ**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía como  
requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en  
Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**2009**

**EFFECTO DEL *Arachis pinto* Y LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA  
SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA EN  
PASTURAS DE *Brachiaria brizantha* CV. TOLEDO Y *Brachiaria*  
HÍBRIDO CV. MULATO II**

**MARIO FRANCISCO ULATE SÁNCHEZ**

**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador**

Ing. Agr. Milton Villarreal Castro; Ph.D.

\_\_\_\_\_  
Asesor

Ing. Agr. Luis Alberto Camero Rey; M.Sc.

\_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Parménides Furcal Beriguete, M.Sc.

\_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

\_\_\_\_\_  
Coordinador  
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.

\_\_\_\_\_  
Director  
Escuela de Agronomía

**2009**

## DEDICATORIA

A mi padre,

Por brindarme apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida,  
ayudándome a alcanzar lo que he logrado y a convertirme en lo que soy.

## AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza necesaria para llevar a cabo este trabajo.

A mi madre quien me trajo al mundo y me educó desde niño.

A Milton Villarreal, quien me guió por el camino correcto en la realización de esta investigación.

A David y Marielos Ulate, quienes me dieron su apoyo en la fase de muestreos del presente.

A Mario Solano, por su gran apoyo en la coordinación de labores de campo.

A los asistentes de campo, Alexander, Alejo, Carlos, Marvin, Sergio, Efraín, fueron de mucha ayuda en las diversas labores de campo que se realizaron.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>ii</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>LISTA DE CUADROS ANEXOS</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS ANEXAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objetivo general .....	<b>2</b>
1.2. Objetivos específicos.....	<b>2</b>
Hipótesis .....	<b>3</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Forrajes en la ganadería .....	<b>4</b>
2.2. Importancia de la investigación en cuanto a forrajes .....	<b>4</b>
2.2.1. Asociaciones.....	<b>5</b>
2.2.2. Variedad de condiciones ambientales.....	<b>5</b>
2.2.3. Decisiones a largo plazo .....	<b>6</b>
2.2.4. El pasto como un cultivo .....	<b>6</b>
2.3. Elementos importantes en la producción de forrajes .....	<b>7</b>
2.3.1. Suelo.....	<b>7</b>
2.3.2. Planta.....	<b>7</b>
2.3.3. Clima.....	<b>8</b>
2.3.4. Animal .....	<b>9</b>
2.4. Establecimiento de forrajes.....	<b>9</b>
2.5. Variables de importancia .....	<b>12</b>
2.5.1. Contenido (%) de materia seca (MS).....	<b>12</b>
2.5.2. Producción de materia seca.....	<b>12</b>
2.5.3. Composición botánica.....	<b>13</b>
2.6. Gramíneas .....	<b>13</b>
2.6.1. Pasto Toledo ( <i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 26110).....	<b>14</b>
2.6.1.1. Origen.....	<b>14</b>
2.6.1.2. Características .....	<b>14</b>
2.6.1.3. Propagación.....	<b>15</b>

2.6.1.4. Adaptabilidad y producción .....	15
2.6.2. Pasto Mulato II ( <i>Brachiaria</i> híbrido CIAT 36087).....	16
2.6.2.1. Origen .....	16
2.6.2.2. Características .....	17
2.6.2.3. Propagación.....	17
2.6.2.4. Adaptabilidad y producción .....	17
2.6.2.5. Respuesta a la fertilización .....	18
<b>2.7. Leguminosas .....</b>	<b>18</b>
2.7.1. Maní forrajero ( <i>Arachis pintoi</i> ).....	19
2.7.1.1. Origen .....	19
2.7.1.2. Historia en Costa Rica .....	19
2.7.1.3. Características .....	20
2.7.1.4. Propagación.....	20
2.7.1.5. Adaptabilidad y producción .....	21
2.7.1.6. Beneficios .....	21
2.7.1.7. Rendimiento.....	22
<b>2.8. Asociación entre <i>Arachis pintoi</i> y gramíneas .....</b>	<b>23</b>
2.8.1. Compatibilidad .....	24
2.8.2. Establecimiento de la asociación .....	24
2.8.3. Beneficios .....	25
2.8.4. Persistencia .....	27
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1. Localización del área de estudio.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2. Área experimental.....</b>	<b>28</b>
3.2.1. Diseño experimental básico .....	28
3.2.2. Preparación de terreno .....	30
3.2.2.1. Deshierba .....	30
3.2.2.2. Rastreada .....	30
3.2.2.3. Estaquillado .....	31
3.2.2.4. Surcado .....	32
3.2.2.5. Limpieza final.....	32
3.2.3. Siembra.....	32
3.2.3.1. Gramíneas .....	32
3.2.3.2. <i>Arachis pintoi</i> .....	33
3.2.4. Resiembra.....	34
3.2.4.1. Gramíneas .....	34
3.2.4.2. <i>Arachis pintoi</i> .....	34
3.2.5. Dimensionamiento y manejo de potreros.....	35
3.2.6. Uniformación de las parcelas.....	35
3.2.7. Fertilización.....	36
3.2.8. Control de malezas .....	36
<b>3.3. Variables de respuesta y metodología de muestreo .....</b>	<b>37</b>
3.3.1. Fase de establecimiento .....	37
3.3.1.1. Número de plantas por metro lineal .....	37

3.3.1.2. Cobertura.....	37
3.3.2. Fase de post-establecimiento .....	37
3.3.2.1. Composición botánica.....	37
3.3.2.2. Producción de biomasa .....	38
<b>3.4. Análisis de la información .....</b>	<b>42</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>4.1. Fase de establecimiento .....</b>	<b>45</b>
4.1.1. Plantas por metro lineal y cobertura.....	45
4.1.2. Composición botánica.....	46
<b>4.2. Fase de post-establecimiento .....</b>	<b>47</b>
4.2.1. Producción de Materia Seca .....	47
4.2.2. Kilogramos de materia seca por kilogramo de nitrógeno aplicado (KMSKN).....	51
4.2.3. Composición botánica.....	52
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>7. LITERATURA CONSULTADA.....</b>	<b>58</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## RESUMEN

Este trabajo consistió en la evaluación de dos cultivares de pasto, *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II y *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, ambos materiales en plena fase de adopción por los productores. Estos materiales se evaluaron bajo tres tipos de manejo: a. Fertilización nitrogenada (200 kg N/ha/año), b. Asociado con la leguminosa *Arachis pintoii* – no fertilización y c. No asociado - no fertilización. Los seis tratamientos resultantes del arreglo factorial 2 cultivares x 3 tipos de manejo, fueron dispuestos en un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar con tres repeticiones. Cultivar fue la parcela principal y manejo la sub-parcela. Cada parcela principal (1.188 m<sup>2</sup>) fue cercada obteniéndose seis apartos en total que fueron pastoreados cada 28 días. Se realizaron evaluaciones del comportamiento de las pasturas en la fase de establecimiento (número de plantas/metro lineal, cobertura y composición botánica), así como evaluaciones de producción de forraje y composición botánica durante los primeros seis meses después del establecimiento. Estas últimas se realizaron antes de la introducción de los animales para el pastoreo respectivo. La aplicación de fertilizante en los tratamientos correspondientes se realizó una semana después del pastoreo.

Resultados de la fase de establecimiento mostraron que la población de la gramínea fue pobre según datos de número de plantas/m lineal un mes después de siembra con valores de 7 y 11 plantas/m lineal lo que representó entre 86.250 y 132.500 plantas/ha y una cobertura de 2 y 2,8% para Mulato II y Toledo, respectivamente. Debido a esto fue necesaria una resiembra de ambas gramíneas. Por otra parte, la introducción de la leguminosa *Arachis pintoii* no fue exitosa, principalmente debido a daños causados por herbicidas utilizados para controlar malezas de hoja ancha y posteriormente, por un exceso de crecimiento en la gramíneas.

La composición botánica se evaluó al inicio, mediados y final de la fase de producción (6 meses). La proporción de la gramínea fue cercana al 94% en la primera evaluación y declinó ( $P < 0,05$ ) a valores de 87% en las siguientes evaluaciones. No se presentó efecto ( $P > 0,05$ ) ni de cultivar ni de manejo sobre esta variable.

La producción de forraje no fue afectada ni por cultivar ni por manejo con un valor promedio para todo el período experimental de 2.720 kg MS/ha; sin embargo, debe señalarse, que la producción promedio obtenida en el primer muestreo, alrededor de 4.494 kg MS/ha/año fue significativamente mayor ( $P < 0,05$ ) que las obtenidas en los cinco muestreos siguientes en los cuales la producción tendió a estabilizarse con valores promedio de 2.366 kg MS/ha. El cultivar Toledo superó ( $P < 0,05$ ) en producción al Mulato II solamente en el último muestreo (2.997 vs. 2.247 kg MS/ha para Toledo y Mulato II, respectivamente). En general, el pasto Toledo mostró una tendencia sostenida a mejorar su producción en los últimos tres muestreos. La eficiencia en utilización de nitrógeno medida como kg MS/kg N aplicados, no se vio afectada ( $P > 0,05$ ) por ninguno de los factores evaluados aunque los valores variaron desde 8 hasta 64 KMSKN.

**Palabras clave:** Maní forrajero, *Arachis pintoj*, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II, Asociación, Pasturas, Fertilización, Materia Seca, Composición Botánica, KMSKN.

## ABSTRACT

This experiment was conducted to evaluate two different grasses, *Brachiaria* hybrid cv. Mulato II and *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, both of them under adoption process. Three different pasture management options were tested: a. Nitrogen fertilization (200 kg N/ha/year), b. Grass-legume (*Arachis pinto*) association – no fertilization, and c. No legume – no fertilization. Six experimental treatments (factorial arrangement of 2 grasses and 3 pasture management) were assigned into a split-plot in a randomized complete block design with three repetitions. Grass was the main plot and management the sub-plot. Main plots (1.188 m<sup>2</sup>) were fenced to allow individual grazing every 28 days. During the establishment period, plants/linear meter, botanical composition, and cover were measured. After that and for the next six months, forage production and botanical composition measurements were taken. Those evaluations were conducted just before grazing. Nitrogen fertilization was applied one week after grazing.

Establishment results showed a poor condition for both grasses, with 7 and 11 plants/m, representing 86.250 and 132.500 plants/ha, 2 and 2,8 % cover for Mulato II and Toledo, respectively. Because of that, grass re-planting was necessary. On the other hand, *Arachis pinto* establishment failed due to some herbicide damages on this legume and excessive grass growth. Botanical composition was measured in the beginning, middle and end of the production phase. The proportion of grass was close to 94% in the first evaluation and declines ( $P<0,05$ ) to 87% for next evaluations. There were no effect of grass and management on botanical composition. Dry matter yield was not effected by grass or management with 2.720 kg DM/ha as an average for the experimental period. Average DM/ha at the first sampling date was 4.494 kg DM/ha and it decreased ( $P<0,05$ ) for next five sampling dates to 2.366 kg DM/ha. Toledo showed higher ( $P<0,05$ ) DM yield than Mulato II in the last sampling (2.997 vs. 2.247 kg DM/ha for Toledo and Mulato II, respectively). Cultivar Toledo tended to show higher DM yield

particularly at the end of the experiment. Nitrogen utilization efficiency was not affected by factor under study and values varied from 8 to 64 kg DM/kg N applied.

**Key words:** Perennial Peanut, *Arachis pinto*, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, *Brachiaria* hybrid cv. Mulato II, Association, Forages, Fertilization, Dry Matter Yield, Botanical Composition, DM/kg N applied.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.	<i>Producción en t MS/ha, a diferentes edades de rebrotes y tres accesiones de Arachis pintoi (Villarreal et al., 2000).</i>	23
2.	<i>Descripción de factores y niveles.</i>	29
3.	<i>Caracterización de cada uno de los tratamientos.</i>	29
4.	<i>Grados de libertad del experimento.</i>	43
5.	<i>Proporción (%) de gramínea deseada (Toledo y Mulato II) en el primer muestreo de composición botánica (Fase de establecimiento).</i>	46
6.	<i>Contenido (%) de materia seca promedio de cada cultivar en cada uno de los muestreos.</i>	50

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.	<i>Distribución aleatorizada de las parcelas y sub-parcelas.</i>	30
2.	<i>Área experimental rastreada.</i>	31
3.	<i>Parcela luego del estaquillado.</i>	31
4.	<i>Troncos y ramas dentro del área experimental.</i>	32
5.	<i>Labor de siembra de la gramínea en el área experimental.</i>	33
6.	<i>Arreglo de siembra para las gramíneas en monocultivo y gramíneas en asociación con leguminosa.</i>	33
7.	<i>Trazado de cercas para delimitación de apartos para pastoreo.</i>	35
8.	<i>Punto de muestreo de composición botánica.</i>	38
9.	<i>Recolección de la muestra en el campo.</i>	38
10.	<i>Pasos para determinar materia parcialmente seca (55 °C) y molido de las muestras.</i>	40
11.	<i>Determinación de la materia seca a 105 °C.</i>	41
12.	<i>Producción de kg MS/ha/corte como promedio de los tratamientos para cada una de las fechas de muestreo (Datos promedio de pasto Toledo y Mulato II).</i>	48
13.	<i>Producción de MS/ha/corte según tipo de pasto evaluado como promedio de los tipos de manejo en cada una de las fechas.</i>	49
14.	<i>Producción de MS/ha/corte según tipo de manejo para cada una de las fechas.</i>	50
15.	<i>Kilogramos de MS/kg N aplicado (KMSKN) a lo largo de los seis muestreos (cada barra representa el promedio de los dos cultivares).</i>	52
16.	<i>Composición botánica (proporción de gramínea deseable en tres diferentes momentos).</i>	53
17.	<i>Parcela de Mulato II invadida con pasto Ratana (<i>Ischaemun indicum</i>).</i>	54
18.	<i>Plantas de <i>Arachis pintoi</i> en asocio con la gramínea.</i>	55

## LISTA DE CUADROS ANEXOS

Cuadro	Título	Página
A1.	<i>Análisis de Varianza para la variable composición botánica en el muestreo 1.</i>	73
A2.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSHA en todos los muestreos.</i>	73
A3.	<i>Prueba LSMEANS para identificar diferencias entre tratamientos e interacciones para la variable KMSHA en todos los muestreos.</i>	73
A4.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSHA en el muestreo 1.</i>	74
A5.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSHA en el muestreo 2.</i>	75
A6.	<i>Prueba LSMEANS para identificar diferencias entre tratamientos e interacciones para la variable KMSHA en el muestreo 2.</i>	75
A7.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSHA en el muestreo 3.</i>	75
A8.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSHA en el muestreo 4.</i>	76
A9.	<i>Prueba LSMEANS para identificar diferencias entre tratamientos e interacciones para la variable KMSHA en el muestreo 4.</i>	76
A10.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSHA en el muestreo 5.</i>	76
A11.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSHA en el muestreo 6.</i>	77
A12.	<i>Prueba LSMEANS para identificar diferencias entre tratamientos e interacciones para la variable KMSHA en el muestreo 6.</i>	77
A13.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSKN para todos los muestreos.</i>	77
A14.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSKN en el muestreo 1.</i>	78
A15.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSKN en el muestreo 2.</i>	78
A16.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSKN en el muestreo 3.</i>	78
A17.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSKN en el muestreo 4.</i>	78
A18.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSKN en el muestreo 5.</i>	78
A19.	<i>Análisis de Varianza para la variable KMSKN en el muestreo 6.</i>	79
A20.	<i>Análisis de Varianza para la variable composición botánica en el muestreo 2.</i>	79
A21.	<i>Análisis de Varianza para la variable composición botánica en el muestreo 3.</i>	79
A22.	<i>Análisis de Varianza para la variable composición botánica en todos los muestreos.</i>	79
A23.	<i>Prueba de medias de “Muestreo” (LSMEANS) para la variable composición botánica.</i>	80

## LISTA DE FIGURAS ANEXAS

Figura	Título	Página
A1.	<i>Línea de tiempo de las actividades realizadas en el campo experimental desde la siembra de la gramínea hasta el primer muestreo de biomasa.....</i>	<i>72</i>

## 1. INTRODUCCIÓN

El alto costo de los insumos agrícolas y su comportamiento creciente ha obligado en los últimos años a generar nuevas alternativas de manejo que ayuden a mitigar los costos en que incurren los diferentes sistemas de producción ganaderos. En cuanto al costo de insumos fertilizantes en el mercado nacional (caso de los nitrogenados), se ha notado un incremento acelerado en el precio de los mismos; así por ejemplo, para diciembre del año 2006 se registraron precios por quintal de urea (46 kg) de ₡8.100, pasando en junio del 2008 a ₡16.500 la misma unidad, representando así un incremento del 104 % en este periodo (un año y siete meses). Esta tendencia se ha atribuido a factores como aumento en la producción y consumo de alimentos, limitaciones en la producción de fertilizantes y razones económicas de logística de cada empresa (CAFESA, 2008; IFA, citado por FHIA, 2008).

Dichos productos son utilizados para lograr una mayor producción de vegetales (frutos, hojas, raíces, etc.), los cuales pueden ser utilizados para la alimentación humana, obtención de otras materias primas (bio-combustibles, alcohol, entre otros) y para la alimentación animal como es el caso de las pasturas, en donde la buena calidad y cantidad de forraje que el animal consume, determina el nivel de producción.

Una alternativa para reducir el consumo de insumos fertilizantes químicos es el asocio de las pasturas con otras plantas que incorporen o fijen nutrientes al suelo, como el caso de las leguminosas, las cuales cuentan con nódulos que mediante los rizobios fijan nitrógeno atmosférico en forma de compuestos nitrogenados utilizables por la planta, siendo bastante prometedoras en sistemas en donde la aplicación de fertilizantes nitrogenados sea una práctica económicamente inaceptable (Iturbide, 1981; Rodríguez, 2002). El maní forrajero (*Arachis pintoi*) como leguminosa

fijadora de nitrógeno es una buena opción por su adaptabilidad a las condiciones del trópico húmedo, su fácil establecimiento y su alta calidad nutricional (valor nutritivo, consumo y productos de la digestión).

Por otra parte, la utilización de pasturas mejoradas es una herramienta sumamente importante, ya que muchas de ellas como las brachiarias Mulato II y Toledo, presentan una buena producción en cuanto a calidad (valor nutricional) y cantidad de forraje se refiere, además de que al igual que el maní forrajero, estas presentan una gran facilidad de establecimiento (Argel *et al.*, 2007; Faría, 2006).

#### 1.1. Objetivo general

- Evaluar la respuesta agronómica de pasturas de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II en asocio con la leguminosa *Arachis pintoi* CIAT 18744 y con fertilización nitrogenada en la fase de establecimiento y producción.

#### 1.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la leguminosa *Arachis pintoi* CIAT 18744 y fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa y composición botánica de pasturas de Toledo y Mulato II.
- Evaluar la fase de establecimiento de pasturas de gramínea en monocultivo, asociada con una leguminosa y fertilizada.

## Hipótesis

- El asocio de las gramíneas *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II con la leguminosa *Arachis pintoii* CIAT 18744 y la fertilización química nitrogenada afectan el comportamiento de la pastura tanto en la fase de establecimiento como de producción.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Forrajes en la ganadería

El papel de los forrajes en este sector productivo, involucra una serie de componentes, los cuales son de gran importancia reconocer. Se debe apreciar este material como un cultivo que representa el más abundante y económico insumo para la alimentación de rumiantes, además del beneficio que pueden llegar a generar a nivel medioambiental en sistemas bajo pastoreo en comparación a sistemas estabulados, ya que en los segundos se da una mayor acumulación de desechos en el sitio de confinamiento; a la vez, las pasturas (más aún las mejoradas), presentan un alto porcentaje de cobertura del suelo, disminuyendo el proceso de degradación del mismo. Sin embargo, hay que reconocer las limitaciones que presentan las especies tropicales, siendo necesaria la mejora continua de estos recursos con el fin de lograr ó mantener altos márgenes de rentabilidad económica (Lopes de Matos, 2007; Payán, 2006; Villarreal, 2008).

### 2.2. Importancia de la investigación en cuanto a forrajes

La ganadería en la actualidad comprende una serie de interacciones entre diversos componentes, de lo cual va a depender el éxito o fracaso del sistema productivo, tomando en cuenta la rentabilidad y competitividad del mismo. Existen muchos vacíos por llenar, datos por validar, que atentan contra la integridad del sistema productivo. No es suficiente conocer la producción de biomasa, se deben conocer otros aspectos relacionados, como el comportamiento animal, características químicas, entre otros, los cuales hasta hoy en día han sido asumidos considerando conocimientos empíricos ó sin tomar en cuenta su importancia (Rojas *et al.*, 2005, Villarreal, 2008).

### 2.2.1. Asociaciones

La alimentación es uno de los factores más importantes a considerar, y siendo las gramíneas y leguminosas la principal fuente de nutrientes para el ganado, se justifica una investigación en torno a los beneficios y resultados comparativos de una pastura asociada con la leguminosa *Arachis pintoj*, una pastura basada en gramínea en monocultivo fertilizada químicamente y una pastura considerada como testigo (monocultivo de gramínea sin fertilización). Se busca con estas herramientas generar opciones que ayuden a aumentar la productividad del sistema ganadero (Rojas *et al.*, 2005).

### 2.2.2. Variedad de condiciones ambientales

Es importante buscar una integración entre los diferentes conocimientos que se puedan adquirir, ya que sería errado asumir premisas basadas en resultados obtenidos de experimentos con un rango de investigación muy limitado. Costa Rica es un país con condiciones climáticas variables a lo largo del año, las cuales se han presentado en los últimos años, fenómenos como “El Niño” y “La Niña” han provocado cambios importantes, que son diferentes entre zonas y que atentan la integridad de los sistemas productivos. Dicha variación ocasiona un comportamiento irregular de los forrajes, lo cual advierte sobre la utilización de resultados de investigaciones como absolutos; estos al contrario deben utilizarse como una referencia para ayudarse en la toma de decisiones dentro del sistema productivo, claro está, una vez que la información ha sido analizada e interpretada de manera técnica (Robert, 2007; Villarreal, 2008).

### 2.2.3. Decisiones a largo plazo

Villarreal (2008), menciona que una vez que se conozca en cierto grado el comportamiento de la oferta de forraje a lo largo del año, se pueden tomar con antelación decisiones de manejo para mantener una oferta constante de forraje aún en épocas difíciles. La variación del manejo general del forraje debe ser en función de la variación de las condiciones, esto con el fin de lograr el objetivo mencionado anteriormente.

Es importante recordar que las decisiones que se tomen en el sistema productivo generarán repercusiones a diversos plazos de tiempo, el problema de degradación de pasturas actual fue algo que se potenció hace tiempo. Dicha degradación es un proceso gradual; es más fácil en términos de economía, practicidad y rapidez el recuperar pasturas que se encuentran en etapas iniciales de degradación que pasturas que ya se encuentran en estado más avanzado (Holmann *et al.*, 2004a).

### 2.2.4. El pasto como un cultivo

El pasto y otros forrajes siempre se han visto como un recurso para la alimentación animal, que no necesita un trato igual al de otros cultivos, es decir, en muchos casos no se toman en cuenta los requerimientos nutricionales, características del suelo, ambiente, entre otros. Considerando la pastura como un cultivo deben integrarse cuatro componentes básicos generales para el viraje hacia el punto de vista correcto; dichos componentes son el suelo, la planta, el clima y los animales (Jiménez, 2008).

## **2.3. Elementos importantes en la producción de forrajes**

### **2.3.1. Suelo**

La variedad de suelos en el país es muy alta, esta se da en cada una de las regiones que lo conforman. A pesar de esto, existen dos características fundamentales en la integridad del suelo. Dichos características son la textura y la composición química. La primera no se puede afectar de manera artificial, sin embargo, se pueden realizar prácticas que mitiguen los posibles efectos negativos de una textura inadecuada para el desarrollo de cultivos (arcillosa por ejemplo). Entre estas prácticas destaca el subsolado, este no debe profundizar más de 50 cm, ya que la compactación alcanzada por el ganado no pasa de los 15 cm. El subsolado se puede realizar cada 7 – 10 años, dependiendo del terreno. En cuanto a la composición química del suelo, se puede lograr una fácil mejora de la misma con la aplicación de fertilizantes y enmiendas de tipo calcáreas, lo segundo para mitigar la acidez que presentan muchos de los suelos utilizados en la ganadería, mejorando la disponibilidad de los nutrientes para la planta, brindados con la fertilización. En un estudio realizado en Pocosol, se encontró que el periodo de respuesta del suelo puede ser lento, mientras que los beneficios en producción de materia seca en *Brachiaria brizantha* se observaron más rápidamente (Jiménez, 2008; Salas, 2006). Lopes de Matos (2008), comenta que muchos de los suelos dedicados a la producción de forrajes se encuentran altamente degradados, siendo necesario la aplicación de enmiendas que puedan corregir el problema.

### **2.3.2. Planta**

Este componente comprende un amplio rango, ya que se relaciona con la especie forrajera a utilizar, el manejo y el control de plagas. En cuanto a la

especie, se deben escoger las que mejor se adapten a las condiciones del sistema productivo, con el fin de que puedan expresar el máximo potencial posible. El manejo comprende todas las prácticas que se realicen con el fin de maximizar el rendimiento de los forrajes, esta es una variable dependiente de una serie de condiciones como lo son el clima, topografía, etc. El control de plagas es una práctica necesaria para lograr una producción de forraje óptima. Con los avances en el mejoramiento genético se han logrado obtener cultivares con resistencia ó tolerancia a ciertas plagas, lo cual brinda una herramienta de gran utilidad para el productor. Es importante recordar que se debe mantener un balance entre calidad y cantidad de forraje producido, esto es un poco difícil por el rápido crecimiento y maduración que presentan las plantas. El aumento en la madurez está asociado con una disminución en valor nutricional, digestibilidad y consumo. Al madurar la planta, no solo ocurre mayor deposición de fibra sino que también cambian las proporciones de sus componentes como es el caso de la lignina. Un aumento de 1 % de lignina representa una pérdida significativa en el valor nutritivo del forraje (Jiménez, 2008; Juárez *et al.*, 2003; Kapitulnik, 2007). Por otra parte, según Arroyo *et al.* (2006), otros problemas pueden presentarse al cortar el pasto en edades muy tempranas o muy tardías como lo es una mayor probabilidad de que el animal presente una toxicidad por ácido cianhídrico.

### 2.3.3. Clima

Este es un elemento muy importante, ya que condiciona la producción de forraje y obliga a la toma de decisiones con el fin de mitigar posibles problemas ocasionados por este. El ganadero debe conocer el comportamiento climático de la zona en la que desarrolla su actividad, para poder predecir en que épocas del año pueden presentarse problemas por falta de forraje y calidad del mismo. En época lluviosa el pasto se vuelve más succulento y digestible (menor contenido de fibra), lo que hace que

aumente la tasa de pasaje y disminuya el aprovechamiento del mismo en el rumen. La conservación de forrajes, la suplementación con materiales fibrosos, entre otros, ofrecen una buena alternativa en las épocas difíciles del año (Andrade, 2007; Jiménez, 2008).

#### 2.3.4. Animal

Jiménez (2008), comenta que las vacas consumen un 30 % del pasto disponible en el potrero, debido a situaciones como pisoteo, contaminación del material con heces y orina, pasto de edad muy avanzada, potreros incómodos, nula disponibilidad de agua en el potrero, grupos de animales muy grandes, los animales son llevados a pastorear en horas muy calientes, entre otros. Conociendo esto se pueden idear planes de manejo que permitan un mayor aprovechamiento del forraje; dichos planes incluyen prácticas como el pastoreo en franjas, en donde al haber una cerca móvil, se logra que los animales defequen y orinen en el material que ha sido comido.

### 2.4. Establecimiento de forrajes

El establecimiento corresponde a la fase que transcurre entre la preparación del suelo y siembra de la semilla hasta el momento en que el forraje es utilizado por primera vez, ya sea para corte ó para pastoreo. Esta etapa conlleva un alto riesgo en el desarrollo de pasturas con pastos mejorados, ya que en este punto se necesitan una serie de condiciones específicas como la cantidad de humedad del suelo por ejemplo, en donde la mayoría de veces se depende de las lluvias (Faría, 2005). La labor de establecimiento debe ser llevada a cabo considerando además el tipo de forraje con que se va a trabajar, especies con hábito de crecimiento estolonífero se ven beneficiadas por el pastoreo, ya que se promueve la propagación vegetativa de las plantas (Mares, 1981).

Otro factor importante a considerar es la calidad de la semilla, esta se puede medir en función de tres caracteres generales: vitalidad, genotipo y fenotipo. Los dos últimos son fáciles de mantener a un nivel adecuado, sin embargo, la vitalidad es más difícil de mantener, ya que en esta intervienen el vigor y la dormancia, factores que son afectados por condiciones variables de clima, manejo (secado, almacenamiento, entre otros) (Hopkinson *et al.*, 1998).

Al momento de establecer una pastura se debe realizar una oportuna preparación del terreno. La intensidad con que esta se realice debe responder a la especie que se va a sembrar y a características propias del suelo; entre más agresiva sea la especie menos intensa deberá ser la preparación, misma situación si el suelo es arenoso, debido a que la planta, si se presenta alguna de estas condiciones ó ambas no va a necesitar una muy fuerte preparación. Es importante considerar esto, ya que preparaciones muy intensivas pueden provocar problemas de erosión en el suelo, por lo que también se debe tener en cuenta la época de preparación, ya que una preparación en época de lluvia puede provocar que posterior a la siembra la precipitación selle la superficie del suelo imposibilitando la emergencia de las plántulas (Ayarza y Spain, 1991).

De Andrade y Ferguson (1991), comentan que la densidad de siembra es de mucha importancia y deberán ser considerados factores como el porcentaje de germinación y la pureza de la semilla. Es imposible establecer una densidad fija de siembra, ya que lo anterior varía considerablemente debido a muchas condiciones. Es necesario realizar pruebas de germinación, análisis de pureza, pruebas de emergencia y otros, que brindan una visión más completa del panorama cualitativo de la semilla y así poder establecer la mejor aproximación cuantitativa de la semilla a sembrar.

En cuanto al método de siembra, existen dos principales utilizados en forrajes, al voleo y en surcos, cada uno de estos presenta ventajas y desventajas que condicionan su implementación dentro cada sistema productivo. En un sistema de siembra al voleo se puede lograr mayor número de plantas / ha, por la mayor distribución de la semilla, sin embargo, en este sistema los controles tempranos de malezas pueden ser más difíciles que en el otro. Por otro lado, en el sistema de siembra en surcos existe una menor dificultad de control de malezas y se da un menor número de plantas por área, esto en comparación con el sistema anterior (Estrada, 2002).

En esta etapa es muy crítica la presencia de malezas pues estas compiten por los factores esenciales de crecimiento que están presentes en el ambiente. Cada especie es más ó menos susceptible al efecto de malezas, ya que la habilidad para competir es un carácter a nivel genético y que se relaciona con la morfología, respuesta al medio ambiente y la capacidad para extraer agua y nutrientes del suelo. El tipo de control que se utilice va a depender del tipo de maleza, tipo de forraje, extensión del área, disponibilidad de equipo, entre otros (Argel y da Veiga, 1991).

Al referirse a factores de importancia en el establecimiento de forrajes, los insectos pueden llegar a formar parte de estos, sin embargo, se pueden volver más como una plaga esporádica; son pocas las especies de insectos que realmente pueden provocar una competencia para los bovinos en términos de forraje consumido. Se reconocen en América Latina a las hormigas cortadoras y al salivazo como principales plagas insectiles en pastos; las primeras al cortar las plántulas recién emergidas pueden representar fracaso total del establecimiento. En el segundo caso, el daño es producido por la absorción de sábila del xilema de la planta causando clorosis y debilitamiento de la planta (Lapointe y Ferrufino, 1991).

Una vez resuelto lo anterior se debe tomar la decisión de cuándo realizar el primer pastoreo; existen una serie de criterios, entre ellos la

cobertura y la altura. El periodo en que la pastura se encuentra en el momento óptimo va a depender de la especie, forma de propagación y ecosistema particular. En lugares con buena humedad se puede realizar el primer pastoreo antes que en lugares con un clima más seco (Pereira y Lascano, 1991).

## **2.5. Variables de importancia**

### **2.5.1. Contenido (%) de materia seca (MS)**

La MS se refiere a la fracción donde se concentran los nutrientes (proteína, carbohidratos estructurales y no estructurales, lípidos, vitaminas, minerales, entre otros). La mayoría de los pastos tropicales presentan valores de MS de entre 20 y 30 %. Dicho valor varía con diferentes condiciones (clima, edad del rebrote, frecuencia de pastoreo, entre otros). Es importante conocer en qué momento es oportuno realizar el pastoreo y la frecuencia del mismo, para esto es necesario conocer a que edad se presenta un balance adecuado entre MS y el valor nutricional del forraje, ya que a una edad avanzada el forraje presentará un alto contenido de MS pero un valor nutricional pobre, caso contrario se da a una edad joven, en donde la cantidad de MS es baja pero la cantidad de nutrientes en esta es alta. También un forraje muy tierno representa una mayor tasa de pasaje por el tracto gastrointestinal, disminuyendo la digestibilidad y fermentación ruminal del material (Villareal, 2008).

### **2.5.2. Producción de materia seca**

Como se mencionó anteriormente la producción de materia seca aumenta al aumentar la edad de rebrote, esto a costa de una disminución en el valor nutritivo del forraje. Se ha considerado que las especies de

*Brachiaria brizantha* son de las más productoras del género. La producción de materia seca depende en gran medida del manejo que se dé; existen especies que toleran mejor el pastoreo que otras, favoreciendo un rápido rebrote y recuperación en términos de producción (Fisher y Kerridge, 1998; Villarreal, 2008).

### 2.5.3. Composición botánica

Según comentan Fisher y Cruz (1995), al ser las gramíneas plantas tipo C<sub>4</sub> y las leguminosas tropicales tipo C<sub>3</sub>, se esperaría una tendencia gradual hacia la dominancia de la gramínea, a menos que se den las siguientes condiciones:

- Tasa de crecimiento de la gramínea atípicamente baja (similar a la de la leguminosa, ya sea por ser una característica propia de ella o por condición del ambiente (p.e. bajos niveles de N en el suelo).
- La leguminosa compite con la gramínea por recursos diferentes al espacio, como nutrientes.
- Implementación de prácticas culturales que afecten la composición de la pastura (chapia, entre otros).
- El animal en pastoreo prefiere la gramínea.

## 2.6. Gramíneas

En un estudio realizado tomando en cuenta México y Centroamérica, el principal beneficiario de cultivos de pasturas del género *Brachiaria* fue Costa Rica, ya que para el 2003 más del 55 % de la producción nacional de leche y casi el 18 % de la de carne se produjo gracias al aumento marginal, dado por la mayor productividad de los mencionados pastos, comparado con otras especies tradicionales. Se estima que en Costa Rica el área sembrada con

*Brachiaria* representa el 18.7 % del total de pastos sembrados (Holmann *et al.*, 2004b).

Dos gramíneas que se adaptan bastante bien a suelos tropicales con buen drenaje, una topografía plana ó con pendiente leve y buena fertilidad natural son el pasto *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y el pasto *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II, además de que el segundo presenta resistencia al salivazo (Argel *et al.*, 2007; Botero, 2007).

### 2.6.1. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110)

#### 2.6.1.1. Origen

Esta accesión fue recolectada en 1985 por G. Keller-Grein en el km 36 entre Bubanza y Bukinanyama, en el estado de Cibitoke, África. En Costa Rica se introdujo en el año 1988 y fue liberada como pasto Toledo en el 2001 (Argel, citado por Lascano *et al.*, 2002).

#### 2.6.1.2. Características

El pasto Toledo es pentaploide a diferencia de otras accesiones de la especie *Brachiaria brizantha* que son tetraploides, por lo que se cree este número extra de cromosomas le brinda a esta accesión un mejor vigor vegetativo y una mayor productividad en comparación con otras (Lascano *et al.*, 2002).

Esta es una gramínea perenne la cual basa su crecimiento en la formación de macollas, alcanzando alturas de 0.5 – 1.6 m. Las hojas alcanzan hasta 35 – 60 cm de largo y 2.5 – 3 cm de ancho (Lascano *et al.*, 2002).

Cuando este pasto se maneja como material de corte, Rincón *et al.* (2008), recomiendan utilizar una frecuencia de corte de 28 días, a una altura de 35 cm sobre el nivel del suelo, esto para lograr un adecuado balance entre cantidad y calidad de material cosechado, ya que cortes a menor edad representan una baja producción y a mayor edad una disminución en la calidad. Lascano *et al.* (2002), mencionan, sin embargo, que debido a su rápida recuperación esta accesión tolera cargas animales de 2.5 – 3 UA / ha en época lluviosa con frecuencias de pastoreo de 17 – 21 días.

#### 2.6.1.3. *Propagación*

Generalmente se realiza por semilla gámica, sin embargo, se puede realizar mediante semilla vegetativa, seleccionando cepas con raíces como material de propagación. Se considera que 3 – 4 meses después de la siembra con semilla gámica es posible realizar el primer pastoreo (Guevara, 2006; Lascano *et al.*, 2002).

#### 2.6.1.4. *Adaptabilidad y producción*

El pasto Toledo presenta un amplio rango de adaptación a diferentes condiciones de clima y suelo. Se desarrolla bien en zonas con periodos secos de 5 – 6 meses y con 1600 – 3500 mm anuales de precipitación y se puede adaptar a suelos ácidos de baja fertilidad. En estas condiciones de alta acidez y baja fertilidad, y en un periodo de época seca en los Llanos Orientales de Colombia, se han obtenido rendimientos de 1.77 t de materia seca / ha, en comparación a la época de lluvia, donde se alcanzaron rendimientos de 7 t de materia seca / ha. Mientras que en suelos inceptisoles de mediana fertilidad ubicados en Costa Rica (Guápiles y Atenas), dicha pastura alcanza rendimientos de 32 t de materia seca / ha / año (Lascano *et al.*, 2002). Alfaro *et al.* (2007), mencionan que condiciones

climáticas como las de la región Huertar Norte de Costa Rica favorecen la persistencia y productividad de esta pastura.

En Colombia la productividad de este cultivar fue puesta a prueba junto con otros cultivares, obteniéndose resultados sobresalientes en la época lluviosa por parte del cultivar Toledo sobre el resto (*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* CIAT 16322 y *Brachiaria brizantha* cv. Marandú), esto en términos de producción de materia seca por hectárea, cosechada cada 24 días (Cuadrado *et al.*, 2004).

## 2.6.2. Pasto Mulato II (*Brachiaria* híbrido CIAT 36087)

### 2.6.2.1. Origen

El pasto Mulato II fue originado del cruzamiento en tres generaciones realizado por CIAT (Cali, Colombia). El primer cruzamiento se realizó en 1989 entre *Brachiaria ruziziensis* R. Germ. & Evrad clon 44-6 (tetraploide sexual) y *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk (tetraploide apomítico). A partir de la progenie de estos se realizaron procesos de selección de los mejores materiales y cruzamientos abiertos, obteniéndose una serie de híbridos en segunda y tercera generación, de los cual se seleccionaron líneas con características como un buen vigor, alta productividad y buena proporción de hojas y reproducción apomítica. Usando marcadores moleculares (micro-satélites) se comprobó que la línea seleccionada y conocida hoy como Mulato II (*Brachiaria* híbrido CIAT 36087) tiene alelos presentes en *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria brizantha*. En el 2000 el Grupo Papalotla S.A. de C.V. de México, adquirió derechos exclusivos para multiplicación y comercialización de esta accesión y otros híbridos del género *Brachiaria*, liberándolo en el 2005 como cv. Mulato II (Argel *et al.*, 2007).

#### 2.6.2.2. *Características*

Es un híbrido tetraploide, perenne, con crecimiento semi-erecto, el cual puede alcanzar hasta 1 m de altura. Las hojas son lanceoladas, alrededor de 3.8 cm de ancho, presentando bastante pubescencia en ambos lados de la lámina (Argel *et al.*, 2007).

Esta accesión presenta resistencia a seis especies de salivazo (Sotelo *et al.*, 2008).

#### 2.6.2.3. *Propagación*

Es fácil de establecer mediante semilla gámica, obteniéndose pasturas a los 90 – 120 días después de la siembra. Al igual que el cv. Toledo se puede realizar siembras mediante material vegetativo, con cepas que ya estén enraizadas, siendo más sencillo y barato el establecimiento mediante semilla gámica (Argel *et al.*, 2007).

#### 2.6.2.4. *Adaptabilidad y producción*

Crece bien desde los 0 hasta 1800 msnm, en condiciones de altas precipitaciones y con periodos secos de 5 a 6 meses. Se adapta bien a suelos ácidos poco fértiles con una alta concentración de aluminio, presenta buena tolerancia a la sombra moderada, buen crecimiento a lo largo de cercas vivas y tolera mejor el exceso de humedad que el cv. Mulato I (Argel *et al.*, 2007).

Trabajos realizados en Guápiles, Costa Rica, en un suelo inceptisol, con cosecha cada 4 – 6 semanas durante 2 años, obtuvieron rendimientos de 2.3 t de materia seca / ha (Hernández *et al.*, citado por Argel *et al.*, 2007).

En otro estudio realizado en Atenas, Costa Rica, en condiciones de trópico sub-húmedo (5 meses de sequía), durante 18 meses, con cortes cada 8 semanas en la época seca y cada 5 en la época lluviosa, se encontró que esta variedad produjo 0.97 y 1.9 t de materia seca / ha, respetivamente (Argel *et al.*, 2007).

#### 2.6.2.5. *Respuesta a la fertilización*

Argel *et al.* (2007), mencionan que esta accesión presenta una buena respuesta a la aplicación de fertilizante, especialmente el nitrogenado. Este mismo autor encontró producciones de 2.6 t de materia seca / ha en cortes realizados cada 30 días y aplicaciones de 30 kg N por ha cada 30 días (cuatro aplicaciones al año en época lluviosa). El CIAT, citado por Argel *et al.* (2007), encontró que al pasar de una a tres aplicaciones de nitrógeno al año se da un aumento en la producción de materia seca de 900 kg por ha por corte. Sin embargo, Guenni *et al.* (2005), concluyeron que en condiciones de limitada cantidad de nitrógeno, puede haber cierto efecto compensatorio por la eficiencia en la intercepción de la radiación y uso de la misma culminado en rendimientos similares.

## 2.7. **Leguminosas**

Este tipo de plantas presenta la característica de ser capaces de sintetizar altos niveles de proteína, mostrando una menor tasa de disminución de este nutriente conforme avanza la edad de la planta. Es reconocido a la vez el papel de dichas plantas como mejoradoras de la fertilidad del suelo, esto debido a su capacidad de fijar el nitrógeno gaseoso de la atmósfera mediante la simbiosis con bacterias del género *Rizobium*. Esta bacteria invade los filamentos absorbentes de la raíz, formando agrupaciones de células llamadas nódulos. El nitrógeno que es fijado por los nódulos se incorpora al suelo una vez que las raíces mueren; al

descomponerse estos liberan nitrógeno al suelo. Esta característica le confiere a las leguminosas y otras especies en asocio la capacidad de desarrollarse en suelos con una fertilidad relativamente pobre, sin que esto afecte de manera significativa la calidad y cantidad de biomasa producida, además de que se da un ahorro en el uso de fertilizantes nitrogenados (Rojas-Bourrillon, 2007; Sánchez, 1998). Por ejemplo, Da Silva *et al.* (2008), encontraron una buena respuesta del pasto *Brachiaria brizantha* cv. Marandú en términos de proteína cruda, digestibilidad, fibra, producción de materia seca, entre otros, cuando se asoció con la leguminosa arbórea *Acacia holosericea*.

Vázquez, citado por Rojas *et al.* (2005), menciona que esta simbiosis, se podría ver afectada por la alta acidez en el suelo y la cantidad de nutrientes disponibles, pudiendo ser también inhibida por altos niveles de fertilización nitrogenada, por lo que se recomienda, la no aplicación de este tipo de fertilizantes a plantaciones de leguminosas.

### 2.7.1. Maní forrajero (*Arachis pintoï*)

#### 2.7.1.1. Origen

El género *Arachis* se encuentra naturalmente restringido a Brasil, Bolivia, Paraguay, Argentina y Uruguay, siendo su lugar de origen América del Sur (Valls y Simpson, 1995).

#### 2.7.1.2. Historia en Costa Rica

Esta planta al tener una alta variación intraespecífica, puede presentar diversas líneas con variedad de usos. Una de ellas es el *Arachis pintoï* CIAT

18744, el cual fue colectado en Brasil y donado en 1984 al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); tres años más tarde se introdujo a Costa Rica para evaluación gracias al antiguo programa de Forrajes del CIAT y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica, siendo el primer sitio de siembra en el país la Estación Experimental Los Diamantes en Guápiles. Esta accesión también ha sido llamada cv. Porvenir, en honor a la finca el Porvenir perteneciente a la Cooperativa Agroindustrial (Coopeagri), ubicada en Pérez Zeledón, la cual ha colaborado activamente en la investigación concerniente a nuevas líneas de *Arachis pintoii*. Esta accesión está ampliamente difundida en el país, utilizándose en asocio con gramíneas, coberturas de plantaciones de cultivos permanentes, protector del suelo y ornamental (Argel y Villarreal, 2000).

#### 2.7.1.3. *Características*

Es una leguminosa de tipo herbácea, perenne y presenta un crecimiento estolonífero. Su contenido de proteína cruda es de 16 – 20 % y presenta una digestibilidad de 62 – 71 % (Pérez, 2005). Rojas-Bourrillon *et al.* (1999), mencionan que esta leguminosa presenta limitado contenido de energía lo cual es importante considerar cuando se incorpora en la dieta de los animales. Villarreal *et al.* (2005), encontraron contenidos de proteína en la accesión CIAT 18744 de 27,9, 23,7, 21,8, 19,8, 18,6 y 17,2 % a las 4, 6, 8, 10, 12 y 14 semanas de rebrote en época seca, respectivamente, mientras que en época húmeda el contenido de este nutriente fue de 19,1, 18,3, 18,2, 17,0, 18,3, y 16,8 % en las semanas de rebrote mencionadas anteriormente.

#### 2.7.1.4. *Propagación*

Esta planta presenta floración durante todo el año, encontrándose alrededor del 90% de la semilla en los primeros 10 cm de la capa del suelo. Una vez establecida la plantación con una edad de 18 meses, se han

obtenido rendimientos en promedio de 2 t / ha. *Arachis pinto* se propaga tanto por semilla sexual como por semilla vegetativa (Pérez, 2005).

#### 2.7.1.5. *Adaptabilidad y producción*

En Latinoamérica se han liberado dos cultivares, que son *Arachis pinto* 17434 y *Arachis pinto* 18744, no obstante, los productores están utilizando también otras variedades. La adaptación de esta leguminosa se da bastante bien en regiones tropicales con alturas de 0 – 1800 msnm y precipitaciones de 2000 – 3500 mm al año, pero es importante destacar que a 1400 msnm la planta se vuelve menos agresiva y el tamaño de las hojas disminuye. Puede desarrollarse en suelos poco fértiles, desde francos hasta arcillosos, con más de 3 % de materia orgánica y de alto grado de acidez, además de que presenta cierta tolerancia a la sombra moderada. Una gran ventaja de esta leguminosa es que produce gran número de estolones y genera nuevas plantas a partir de los nudos, lo cual favorece una rápida cobertura del suelo, propiciando así un fácil establecimiento de la misma (Pérez, 2005; Rincón, 1999; Rojas-Bourrillon, 2007). En cuanto a la sombra, un estudio realizado en Brasil demostró que las accesiones BRA 031496 y BRA 031861 de *Arachis pinto* toleran altos niveles, de hasta un 75 % (Ferreira *et al.*, 2008). Castelán *et al.* (2003), encontraron en las accesiones 18748 y 17434 que el contenido de proteína cruda no varía a lo largo del año, siendo independiente de las variaciones mensuales en precipitación (50 - 350 mm) y producción de materia seca.

#### 2.7.1.6. *Beneficios*

Según Zwart *et al.* (2005), la utilización de este forraje representa beneficios para el suelo, tanto en aspectos físicos, químicos y biológicos, en contraste a la utilización de un manejo convencional del mismo, además de

que se disminuye en cierto grado la aparición de malezas en la zona cultivada. Es de esperar que en condiciones tropicales y en asocio con otros cultivos perennes como las pasturas, se presenten ciertos beneficios nutricionales, debido a la absorción de nutrientes producidos por la descomposición de materiales orgánicos aportados por este tipo de cobertura. Lascano *et al.* (2005), recalca el uso del *Arachis pintoii* como una alternativa que ayuda a minimizar las pérdidas en la calidad y cantidad de biomasa de una pastura, favoreciendo un incremento en la producción de los animales. Sin embargo, Castillo *et al.* (2005a), a partir de un estudio realizado en México donde se introduce *Arachis pintoii* a las pasturas nativas (*Paspalum* spp., *Cynodon* spp., entre otras), concluye que esta leguminosa no presenta efecto sobre la producción de bovinos de doble propósito.

Castillo *et al.* (2005a), en un estudio realizado con *Arachis pintoii* CIAT 17434 encontró que al introducir esta leguminosa en pasturas naturales del trópico húmedo mexicano, se produjeron aumentos en los contenidos de nitrógeno y carbono del suelo, siendo esto evidencia de la capacidad de este tipo de plantas para mejorar la fertilidad del suelo. Sin embargo, De la Mora *et al.* (2008), no encontró efectos significativos de esta misma leguminosa sobre la mineralización de nitrógeno en el suelo, esto probablemente debido a factores como la variación del pH y la población microbial del mismo.

Además de los beneficios a nivel de mejoramiento del suelo, en países como China el *Arachis pintoii* se ha convertido en una planta ornamental (por el llamativo contraste de colores entre hojas y flores), lo cual ha aumentado su cultivo en parques y orillas de carreteras (Yi-bin *et al.*, 2004).

#### 2.7.1.7. Rendimiento

Rincón (1999), menciona que en monocultivo, seis meses después de la siembra y con un manejo adecuado, se han obtenido 500 – 700 kg de materia seca / ha luego de seis meses de siembra en monocultivo, en

contraste a cuando es sembrada en suelos con altos contenidos de arena y sin fertilizar, obteniéndose rendimientos que no alcanzan los 200 kg de materia seca / ha.

En un ensayo realizado en C.R., no se obtuvieron grandes diferencias en producciones anuales cuando el intervalo de cosecha oscilo entre 4 y 12 semanas, aunque a las diferentes edades evaluadas la accesión CIAT 18744 siempre mostró los mejores rendimientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción en t MS/ha, a diferentes edades de rebrotes y tres accesiones de *Arachis pinto* (Villarreal *et al.*, 2000).

	Edad rebrote (semanas)		
	4	8	12
CIAT 17434	24,2	23,3	26,8
CIAT 18744	28,8	30,9	32,1
CIAT 18748	24,9	25,3	23,8

## 2.8. Asociación entre *Arachis pinto* y gramíneas

Se define asociación como la interrelación armoniosa y equilibrada entre dos ó más especies, correspondiendo para este caso, maní forrajero y gramíneas (Sánchez, 1998). Esta asociación fue comprobada por el CIAT como una de las exitosas alternativas en suelos ácidos y con mayor potencial para la recuperación de pasturas degradadas (Lascano *et al.*, 2005). Según Peters *et al.* (2000), la accesión 18744 cuenta con una rápida expansión después de la siembra (cm / día), en comparación con otras 26 accesiones evaluadas en un ensayo donde se asociaron estas con *Brachiaria humidicola*; además, de acuerdo con Villarreal (1995), esta accesión presenta la ventaja de que produce una alta masa de estolones con buena cantidad de nudos y raíces, lo cual favorece el tipo de propagación vegetativa.

### 2.8.1. Compatibilidad

Es importante tomar en cuenta la capacidad de asocio ó compatibilidad de las especies que se pretende manejar en asocio, debido a que una mayor agresividad de una de las dos, daría como resultado la desaparición de la otra. El maní forrajero al presentar hábito de crecimiento postrado, puede asociarse exitosamente con especies como *Brachiaria humidicola* y *Brachiaria dictyoneura* que también presentan un hábito de crecimiento similar, dándose una invasión mayor por ser estas además gramíneas de establecimiento lento. Otras como *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* y *Panicum maximum*, las cuales presentan hábito erecto ó semi-erecto, han llegado a generar asociaciones en donde se da un rápido establecimiento de la leguminosa (Gil *et al.*, 1991; Rincón, 1999; Sánchez, 1998).

Ibrahim *et al.*, citados por Fisher y Kerridge (1998), en estudios realizados en Costa Rica, confirman que *Arachis pintoi* presenta mayor persistencia que otras leguminosas en asociaciones con especies del género *Brachiaria*.

Rodríguez (1997), menciona que uno de los problemas de compatibilidad de *Arachis pintoi* con gramíneas del género *Brachiaria* es la diferencia de respuesta ante la carga animal, ya que cargas animales bajas, pueden desfavorecer la sostenibilidad de la asociación, favoreciendo un mejor desempeño de la gramínea, pero a la vez afectando la persistencia de la leguminosa.

### 2.8.2. Establecimiento de la asociación

Argel y Villarreal (2000), recomiendan hacer pastoreos tempranos (2 – 3 meses después de la siembra) con una alta carga animal, esto para reducir la competencia de la gramínea y propiciar un rápido establecimiento de la leguminosa. Rincón (2001), menciona que un bajo porcentaje de maní en la

fase de establecimiento se debe probablemente a un deficiente control de la gramínea mediante pastoreo. Andrade *et al.* (2005), confirman que una alta intensidad de pastoreo favorece a la leguminosa cuando se encuentra en asocio con gramíneas, ya que al poseer esta un hábito de crecimiento postrado, sus puntos de crecimiento se hayan protegidos durante el pastoreo. Villarreal *et al.* (1999), comentan que el establecimiento de *Arachis pinto* puede ser pobre cuando hay una alta cantidad de gramínea a la siembra y un manejo posterior a la siembra poco intenso; sin embargo, según Castillo *et al.* (2005b), la proporción de esta leguminosa puede aumentar en el tiempo, gracias al hábito estolonífero que esta presenta.

Fisher y Cruz (1995), reportan que aplicaciones intensas de fertilizante (150 kg N por hectárea al comienzo de la etapa de rebrote), causan un aumento en la producción de biomasa de la gramínea, provocando mayor intercepción de luz por este tipo de planta en detrimento del crecimiento de *Arachis pinto* debido a su hábito de crecimiento postrado; bajo estas condiciones la leguminosa podría desaparecer.

En pasturas de gramínea ya establecida se recomienda realizar un pastoreo intensivo para bajar la cantidad de gramínea y sembrar el *Arachis pinto* en surcos, sin abandonar el pastoreo regular de los potreros (Villarreal, 1998).

### 2.8.3. Beneficios

Se considera que alrededor de 20 – 30 % del contenido de nitrógeno de las hojas y tallos de esta leguminosa que caen al suelo, puede ser utilizado por la gramínea en asocio en un lapso de tres meses, mejorando el contenido de proteína cruda de la misma (Rojas-Bourrillon, 2007). Velásquez, citado por Rincón (1999), encontró que al asociar maní forrajero con *Brachiaria decumbens* se pasó de un 5 % de proteína cruda en el primer año de establecimiento a 8 % en el segundo año de establecimiento de la

leguminosa. Dicho aumento en el contenido de proteína cruda tiene un efecto positivo en la producción. Así, Argel (2006), en un estudio realizado mediante experimentos controlados, encontró que al asociar *Arachis pintoï* con gramíneas estoloníferas se puede aumentar en un 15 % la producción de leche y en 20 % la de carne, además de que aumenta la capacidad de carga animal que se puede manejar. En el Piedemonte llanero en Colombia, Pérez (2005), menciona que en asocio con *Brachiaria brizantha* cv. Toledo se han obtenido ganancias de peso animal de 600 kg / ha / año.

El *Arachis pintoï* como ente mejorador del suelo presenta grandes beneficios a nivel físico, químico y biológico; puede cubrir espacios abiertos en la parcela, contribuyendo a evitar pérdidas por erosión, lixiviación e invasión de malezas. También se favorece la dinámica de organismos benéficos del suelo y en asocio con *Brachiaria* spp se pueden presentar mejoras notables en la cantidad de nutrientes del suelo como el calcio, magnesio y contenido de materia orgánica (Rincón, 1999; Rojas-Bourrillon, 2007; Torres, 1995).

La producción de materia seca por hectárea puede verse favorecida con asociaciones de este tipo; por ejemplo, en zonas con pendiente del Piedemonte amazónico colombiano, con suelos ácidos (pH 4. 6), el cv. Mulato II produjo 2. 6 t de materia seca / ha cada 90 días, mientras que esta misma variedad en asocio con *Arachis pintoï*, presentó rendimientos de 3. 5 t de materia seca / ha (Velásquez y Muñoz, citado por Argel *et al.*, 2007). Sin embargo, Rivas y Holmann (2001), mencionan que el costo del establecimiento de la asociación *Arachis pintoï* – *Brachiaria* sp, es más elevado que establecer solamente la *Brachiaria*, siendo difícil de afrontar para pequeños productores que cuentan con extensiones medianas ó grandes de terreno.

#### 2.8.4. Persistencia

Rincón (1999), menciona que en este tipo de asociaciones se ha observado un excelente comportamiento de la pastura en condiciones de pastoreo, encontrándose en Colombia parcelas asociadas de esta leguminosa con *Brachiaria* sp con una edad superior a los doce años, con una reducción en los costos por fertilizantes y una producción animal sostenida. Valentim y Andrade (2005), también comentan que en Brasil se encuentran pasturas asociadas de *Brachiaria humidicola* con *Arachis pintoi* de diez años de edad.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en finca “La Esmeralda”, localizada en Santa Clara, distrito de Florencia, cantón de San Carlos, provincia de Alajuela, la cual pertenece al ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica). El lugar cuenta con una altura de 170 msnm, una temperatura promedio anual de 27 °C y una precipitación anual media de 3.450 mm. El estudio se llevo a cabo entre el segundo semestre del 2008 y el primero del 2009 para una duración aproximada de un año.

#### 3.2. Área experimental

El suelo del área se clasifica como Inceptisol<sup>1</sup>. Dicha área correspondió a una extensión de 7.128 m<sup>2</sup>, la cual ha sido utilizada tradicionalmente para el pastoreo de ganado lechero, contando con una vegetación predominante de gramíneas como Gamalote (*Paspalum fasciculatum*) y Ratana (*Ischaemum indicum*), además de otras especies de malezas de hoja ancha.

##### 3.2.1. Diseño experimental básico

Se evaluaron un total de seis tratamientos correspondiente a un arreglo factorial de 2 niveles del factor “Cultivar de gramínea”, por 3 niveles del factor “Manejo de pastura” (Cuadro 2 y 3).

---

1. Furcal, P. Comunicación personal.

Cuadro 2. Descripción de factores y niveles.

<b>Factor</b>	<b>Nivel</b>
Especie de gramínea	Toledo Mulato II
Manejo de la pastura	Monocultivo sin fertilización Monocultivo con fertilización nitrogenada Asociación sin fertilización

Cuadro 3. Caracterización de cada uno de los tratamientos.

<b>N° Tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>
1	Toledo en monocultivo sin fertilización nitrogenada
2	Toledo en monocultivo con fertilización nitrogenada
3	Toledo en asocio con <i>Arachis pintoii</i>
4	Mulato II en monocultivo sin fertilización nitrogenada
5	Mulato II en monocultivo con fertilización nitrogenada
6	Mulato II en asocio con <i>Arachis pintoii</i>

El diseño experimental básico correspondió a un parcelas divididas en bloques completos al azar con sub-muestreo. El cultivar de gramínea fue la parcela principal y el manejo de las pasturas las sub-parcelas.

Los tratamientos fueron replicados tres veces, para un total de 18 unidades experimentales, representadas por sub-parcelas de 396 m<sup>2</sup> cada una dentro de la parcela principal de 1.188 m<sup>2</sup> (Fig. 1).

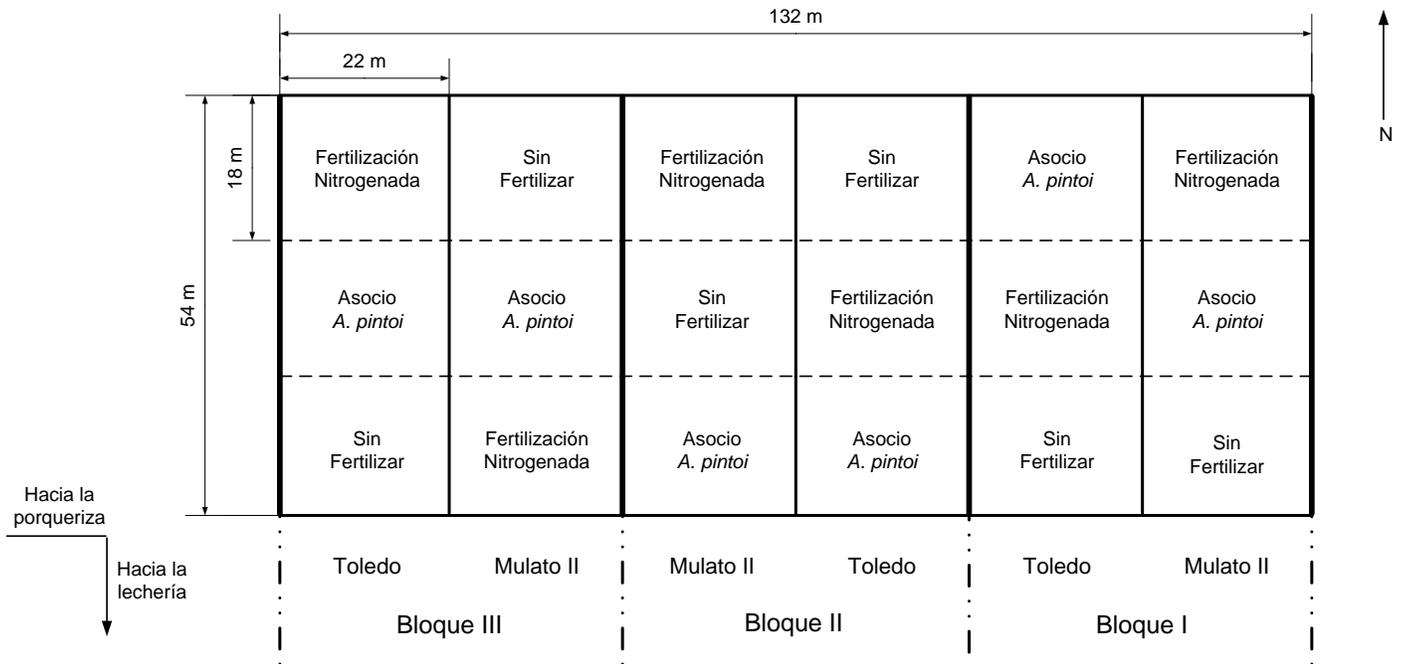


Figura 1. Distribución aleatorizada de las parcelas y sub-parcelas.

### 3.2.2. Preparación de terreno

#### 3.2.2.1. *Deshierba*

Se hicieron dos aplicaciones de Round-Up (Glifosato), la segunda 30 días después de la primera.

#### 3.2.2.2. *Rastreada*

Una semana después de la segunda aplicación de herbicida se realizaron dos pases de rastra para afinar el terreno (Fig. 2).



Figura 2. Área experimental rastreada.

### 3.2.2.3. Estaquillado

Se colocaron estacas para delimitar el espacio de cada parcela y sub-parcela dentro del área de estudio. Cada parcela y sub-parcela fue dividida por una franja de 1 m en donde no se sembró gramínea ni leguminosa (Fig. 3).

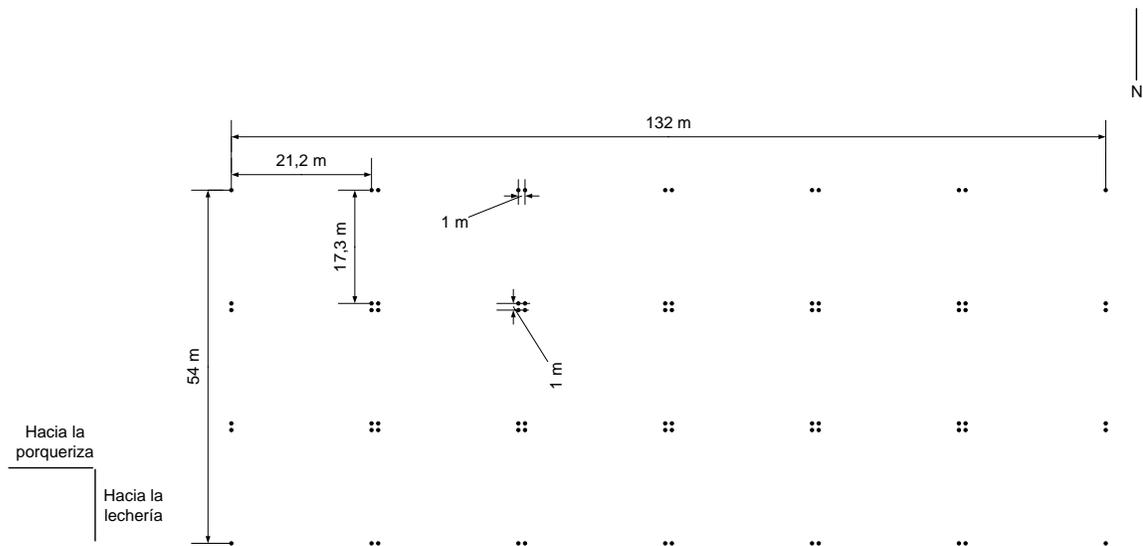


Figura 3. Parcela luego del estaquillado.

#### 3.2.2.4. *Surcado*

Esta labor se realizó con el fin de establecer surcos poco profundos a una distancia de 0.8 m entre ellos.

#### 3.2.2.5. *Limpieza final*

Se retiraron troncos y ramas de árboles caídos que se encontraban apilados en la base de los mismos, este material se colocó en una zona donde no interfiera con el desarrollo de la práctica (Fig. 4).



Figura 4. Troncos y ramas dentro del área experimental.

#### 3.2.3. Siembra

##### 3.2.3.1. *Gramíneas*

Las gramíneas se sembraron en hileras distanciadas a 0.8 m, distribuyendo la semilla gámica a chorro continuo, con una tasa de siembra de 5 kg / ha de Toledo y 6 kg / ha de Mulato II (Fig. 5).



Figura 5. Labor de siembra de la gramínea en el área experimental.

### 3.2.3.2. *Arachis pinto*

La semilla vegetativa de *Arachis pinto* se sembró a espeque entre las hileras de la gramínea (5,6 t de semilla vegetativa / ha) (Fig. 6).

La siembra de esta se realizó 43 días después de la siembra de la gramínea (ddsg).

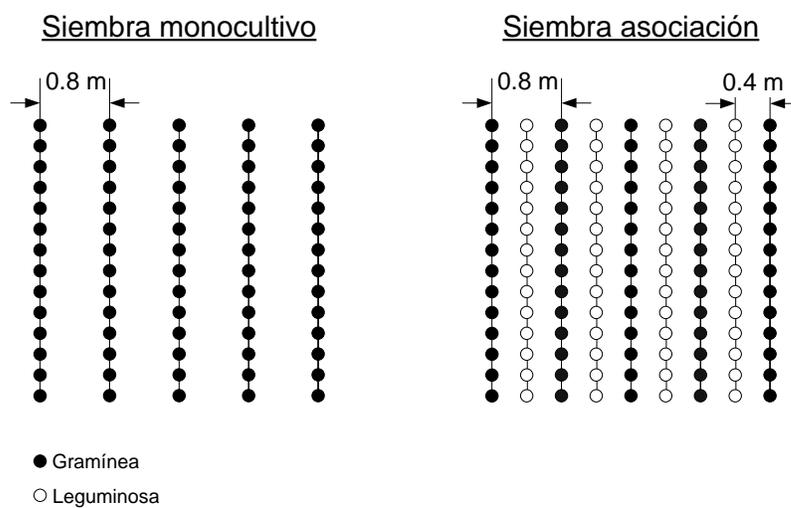


Figura 6. Arreglo de siembra para las gramíneas en monocultivo y gramíneas en asociación con leguminosa.

### 3.2.4. Resiembra

#### 3.2.4.1. *Gramíneas*

Se realizó a los 31 ddsg, debido a que condiciones de alta precipitación en los primeros días del establecimiento provocaron que mucha semilla no germinara, ya que la lluvia movilizó tierra hacia los surcos en donde se distribuyó la semilla, formando una capa muy gruesa de tierra. En esta se utilizaron 4 kg de Mulato II y 3,4 kg de Toledo.

#### 3.2.4.2. *Arachis pintoï*

Debido a la alta proliferación de malezas de hoja ancha y al atraso en la germinación y posterior desarrollo de la gramínea, fue necesario hacer un control de las malezas para lo cual se utilizó herbicida (Metsulfuron + Picloran).

Se esperaba tener un efecto mínimo sobre la leguminosa que había sido sembrada vegetativamente, debido al efecto de “sombriilla” provocado por la mayor parte de las malezas de hoja ancha. Sin embargo, las plántulas de *Arachis pintoï* fueron severamente dañadas por la aplicación del herbicida, razón por la cual debió efectuarse una resiembra 70 días después de la primera siembra de la leguminosa (ddsl). En esta ocasión se utilizaron 6,6 t de material vegetativo / ha. Debe apuntarse que al momento de la resiembra (113 ddsg) el desarrollo de la gramínea era muy alto lo cual dificultó físicamente la labor.

### 3.2.5. Dimensionamiento y manejo de potreros

Cada parcela principal fue utilizada como un apto individual separado del resto por cercas de alambre de púa para impedir el efecto de selectividad durante el pastoreo. Se obtuvieron de este modo seis apartos de 1.188 m<sup>2</sup> cada uno (Fig. 7). Cada apto se pastoreó por trece horas (2:00 pm – 3:00 am) con un periodo de descanso (frecuencia de pastoreo) de 28 días. El pastoreo se realizó con vacas en ordeño. El número de animales y peso vivo varió entre 29 – 37 y 231 – 610 kg, respectivamente. La carga animal estimada osciló entre 4,6 y 5,9 UA / ha.

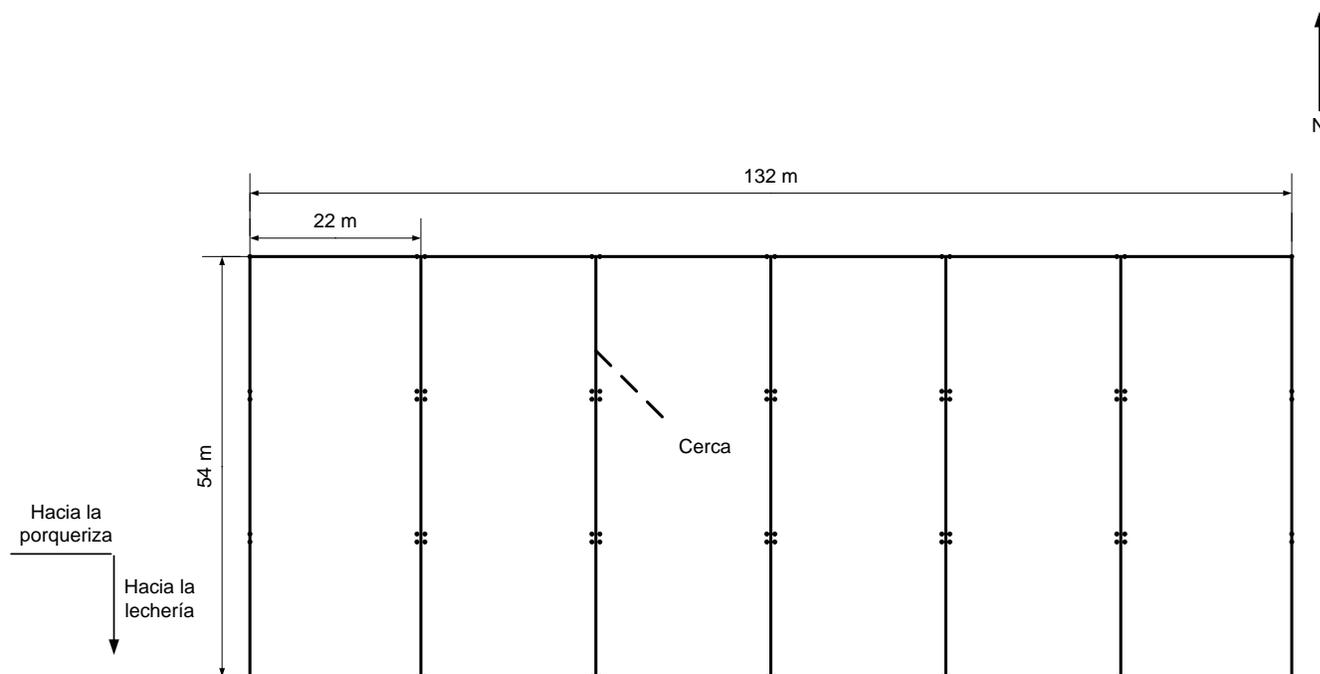


Figura 7. Trazado de cercas para delimitación de apartos para pastoreo.

### 3.2.6. Uniformación de las parcelas

Primeramente se ingresaron animales para que realizaran un pastoreo de uniformación de las parcelas. Debido a una excesiva edad del pasto al momento del primer pastoreo de uniformación, no se dio un consumo de

forraje según lo esperado. Por esta razón se debió realizar uniformación manual (cuchillo) a los 28 después de la resiembra de *Arachis pintoii*.

### 3.2.7. Fertilización

Para los tratamientos que involucran esta práctica se realizaron seis aplicaciones de 20 kg N por hectárea (200 kg N por hectárea por año, asumiendo diez meses de condiciones favorables para la aplicación) cada 28 días (una semana después de cada pastoreo), realizándose la primera 34 días después de la resiembra de la leguminosa. La fuente utilizada fue Urea granulada, debido a que la unidad de nitrógeno es menos costosa (económicamente) que fuentes como el Nitrato de Amonio, además las condiciones de humedad durante el desarrollo del experimento favorecieron la utilización de la misma.

### 3.2.8. Control de malezas

Se aplicó 2,4 – D (2 l / ha) 38 ddsg, para el control de malezas de hoja ancha y antes de que se realizara la siembra de *Arachis pintoii*, sin embargo, al no combatir efectivamente algunas de las malezas se debió aplicar Combo (Metsulfuron + Picloran) (400 ml / ha) 71 ddsg y 28 ddsI.

### **3.3. Variables de respuesta y metodología de muestreo**

#### 3.3.1. Fase de establecimiento

##### 3.3.1.1. *Número de plantas por metro lineal*

Se realizó únicamente a los 36 ddsg. Se llevaron a cabo diez lecturas al azar del número de plántulas de las especies de gramíneas sembradas / metro lineal dentro de cada unidad experimental.

##### 3.3.1.2. *Cobertura*

La proporción (%) de suelo cubierto por la especie gramínea sembrada, se evaluó 37 ddsg por estimación visual. Se realizaron diez evaluaciones visuales al azar por unidad experimental utilizando un marco de 1 m<sup>2</sup>.

#### 3.3.2. Fase de post-establecimiento

##### 3.3.2.1. *Composición botánica*

Esta se midió a los 55, 111 y 191 días después de la resiembra de *Arachis pintoí*. Se estimó mediante el procedimiento de “Rango en Peso Seco” (t Mannelje y Haydock 1963, Whalley y Hardy 2000). Se realizaron 25 mediciones visuales por unidad experimental (Fig. 8).



Figura 8. Punto de muestreo de composición botánica.

### 3.3.2.2. *Producción de biomasa*

El primer muestreo se realizó dos meses después de la resiembra del *Arachis pinto* y se continuó realizándolo por seis ocasiones cada 28 días antes cada pastoreo.

La siguiente fue la metodología de muestreo (Fig. 9):

- Se trabajó con un marco de 0.25 m<sup>2</sup> que representa una sub-muestra.
- Se realizaron cuatro sub-muestras por cada unidad experimental.
- El corte se realizó con tijeras de podar a una altura de 20 cm sobre el nivel del suelo.



Figura 9. Recolección de la muestra en el campo.

La muestra se manejó de la siguiente manera:

- Cada sub-muestra (0.25 m<sup>2</sup>) fue trasladada al laboratorio para la determinación de materia parcialmente seca (55 °C).

A cada muestra se le tomó el peso fresco y peso seco después de 72 horas de secado en un horno de aire forzado a 55 °C, permitiendo un periodo de 12 horas a temperatura ambiente para lograr que la muestra se equilibrara con la humedad relativa del ambiente. Posteriormente se molió una muestra compuesta por tratamiento (conformada por material de las cuatro sub-muestras tomadas en campo); se utilizó un molino Wiley, usando una criba de 1 mm de diámetro para luego ser almacenadas en recipientes debidamente identificados (Fig. 10).



Acomodo de bolsas



Pesado total de cada muestra



Pesado de muestras para introducir al horno



Muestras en el horno a 55 °C



Pesado de la muestras secas



Molido de las muestras compuestas



Identificación de las muestras

Figura 10. Pasos para determinar materia parcialmente seca (55 °C) y molido de las muestras.

La materia parcialmente seca (55 °C) se calculó de la siguiente forma:

$$\% MS_{55^{\circ}\text{C}} = \frac{\text{Peso muestra seca a } 55^{\circ}\text{C}}{\text{Peso de la muestra fresca}} \times 100$$

A dicha muestra, una vez molida, se le determinó el contenido de materia seca a 105 °C. Para ello, muestras de aproximadamente 2 g fueron

secados a 105 °C por 8 horas a 105 °C. Posteriormente fueron colocadas en un desecador una hora (disminuir la temperatura sin ganancia de humedad), después de esto se pesaron para obtener el peso seco a 105 °C (Fig. 11). La materia seca final fue obtenida corrigiendo % MS (55 °C) por % MS (105 °C).

El % MS a 105 °C y el % MS total se calculó de la siguiente manera:

$$\% \text{MS}_{105^{\circ}\text{C}} = \frac{\text{Peso muestra seca a } 105^{\circ}\text{C}}{\text{Peso muestra seca a } 55^{\circ}\text{C}} \times 100$$

$$\% \text{MS}_{\text{total}} = \frac{\% \text{MS}_{55^{\circ}\text{C}} \times \% \text{MS}_{105^{\circ}\text{C}}}{100}$$



Pesado de la muestra



Se colocan las muestras en el horno a 105 °C



Se colocan las muestras en un desecador



Se pesan las muestras secas

Figura 11. Determinación de la materia seca a 105 °C.

Debido a que cada evento de pastoreo fue realizado en un lapso de seis días (13 horas diarias en cada parcela principal) y a que el muestreo de todo el experimento fue realizado antes del inicio de los pastoreos, fue necesario hacer un ajuste en la producción de MS a 28 días, según se detalla a continuación:

$$\text{kg MS}_{28\text{d}} = \left( \frac{\text{kg MS / ha / pastoreo}}{\text{Edad de rebrote al día del muestro (días)}} \right) \times 28$$

Para el tratamiento que involucra fertilización química, se calculó el parámetro KMSKN (Kg de MS / Kg N aplicado). Dicho parámetro se calculó de la siguiente manera:

$$\text{KMSKN}^* = \frac{\text{kg MS Gramínea Fertilizada} - \text{kg MS Gramínea Sin Fertilizar}}{\text{kg N aplicado}}$$

\* El cálculo de esta variable debe considerar valores para periodos iguales de tiempo. Es decir, producciones anuales de materia seca deben trabajarse con valores de aplicación de nitrógeno anuales.

### 3.4. Análisis de la información

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + \beta_i + C_j + M_k + T_l + (C * M)_{jk} + (C * T)_{jl} + (M * T)_{kl} + (C * M * T)_{jkl} + S_m + \varepsilon_{ijklm}$$

Donde:

$Y_{ijklm}$  = variables de respuesta

$\mu$  = media general

$\beta_i$  = efecto del i-ésimo bloque,  $i = 1, 2, 3$

$C_j$  = efecto del j-ésimo cultivar de gramínea,  $j = 1, 2$

$M_k$  = efecto del k-ésimo tipo de manejo,  $k = 1, 2, 3$

$T_l$  = efecto del l-ésimo número de muestreo,  $l = 1, 2, 3, 5, 6$

$(C * M)_{jk}$  = efecto de la interacción entre el cultivar de gramínea y el tipo de manejo.

$(C * T)_{jl}$  = efecto de la interacción entre el cultivar de gramínea y el número de muestreo.

$(M * T)_{kl}$  = efecto de la interacción entre el tipo de manejo y número de muestreo.

$(C * M * T)_{jkl}$  = efecto de la interacción entre el cultivar de gramínea, el tipo de manejo y el número de muestreo.

$S_m$  = efecto del m-ésimo sub-muestreo

$\epsilon_{ijklm}$  = error experimental

Cuadro 4. Grados de libertad del experimento.

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloque	2
Cultivar	1
Error a	2
Manejo	2
Manejo*Cultivar	2
Error b	8
Muestreo	5
Error c	10
Muestreo*Cultivar	5
Error d	10
Muestreo*Manejo	10
Muestreo*Cultivar*Manejo	10
Error e	40
Error de sub-muestreo	324
TOTAL	431

El efecto de los factores principales y su interacción fueron evaluados utilizando PROC MIXED de SAS (SAS Institute, NC, USA). Las pruebas de medias se realizaron mediante la opción LSMEANS. Gil (2001), menciona que este software, brinda errores estándar adecuados en diferentes niveles de análisis y comparaciones de medias acertadas, en análisis de experimentos con diseño de parcelas divididas.

Es importante mencionar que los datos de composición botánica al ser datos porcentuales, no presentaron una distribución normal, por lo que fue necesario realizar una transformación arcoseno de la variable % Gramínea Deseada. Dicha transformación fue aproximadamente normal, según gráficos de probabilidad normal. El análisis de varianza fue calculado con base en los datos transformados.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de abordar los resultados del experimento es importante tener en consideración el establecimiento fallido del *Arachis pintoii*, primero por la aplicación inoportuna de herbicida (Metsulfuron + Picloran) y luego por la alta cantidad de gramínea presente en la fase de la resiembra, lo cual según Villarreal *et al.* (1999), desfavorece considerablemente el establecimiento de la misma. Por tanto, aunque el tratamiento “Gramínea – *Arachis pintoii*” fue evaluado, la presencia de la leguminosa fue prácticamente nula por lo que cualquier respuesta no es posible atribuirla al tratamiento en sí.

### 4.1. Fase de establecimiento

#### 4.1.1. Plantas por metro lineal y cobertura

Estas evaluaciones se realizaron 5 a 6 días después de la resiembra de la gramínea, es decir, 36 días después de la primera siembra. Por tanto, los valores obtenidos corresponden únicamente al efecto de la primera siembra. El promedio de plantas por metro lineal fue de 6,9 y 10,6, correspondiente a 86.250 y 132.500 plantas/ha para Mulato II y Toledo, respectivamente; la cobertura fue del 2 % en Mulato II y 2,4 % en Toledo. Debido a la presión de malezas en el área experimental, estos valores fueron considerados relativamente bajos. Se debe señalar que durante el periodo de establecimiento hubo una alta precipitación, y por lo tanto, al haber un exceso de agua, se dio arrastre de tierra a los surcos en donde se depositó la semilla de gramínea, dicho fenómeno es explicado por Ayarza y Spain (1991), como consecuencia de una preparación ó trabajo en el suelo justo antes de fuertes precipitaciones. El porcentaje de germinación para las semillas de Mulato II fue de 65 % y para Toledo fue del 80%, considerándose bajo en el primer caso. Hopkinson *et al.* (1998), señalan que la vitalidad de la

semilla es uno de los factores más importantes en la calidad de la misma; almacenaje prolongado ó en condiciones desfavorables afectan este parámetro.

Al momento del muestreo, 58 % del área estaba cubierta por malezas; Argel y da Veiga (1991), mencionan que el impacto que tiene esta plaga sobre las especies deseadas va a depender en gran medida de la especie con que se trabaje; respecto a esto, Lascano *et al.* (2002), mencionan que las plántulas de Toledo presentan una agresividad tal que pueden competir exitosamente con otras malezas en fase de establecimiento.

#### 4.1.2. Composición botánica

El primer muestreo de composición botánica se realizó 137 y 55 días después de la resiembra de la gramínea y leguminosa, respectivamente (Fig. A1). No se presentó efecto ni del cultivar ni del manejo sobre este parámetro ( $P>0,05$ ; Cuadro A1), siendo el valor promedio de proporción de gramínea deseada (Toledo y Mulato II) de 91,9 y 80,9 %, respectivamente. Los valores para cada uno de los tratamientos oscilaron entre 76,4 y 92,1 % (Cuadro 5).

Cuadro 5. Proporción (%) de gramínea deseada (Toledo y Mulato II) en el primer muestreo de composición botánica (Fase de establecimiento).

Manejo	Toledo	Mulato II
No fertilización	91,7	76,4
Fertilización	92,1	86,8
Asociación <i>A. pinto</i>	91,9	79,8

Aunque tanto en la primera siembra como en la resiembra se utilizó mayor cantidad de semilla de Mulato II respecto a Toledo, debido al mayor porcentaje de germinación y mayor vigor de la planta de Toledo después de

su emergencia, se esperaba un mejor establecimiento de este pasto. Sin embargo, en el primer muestreo, no se pudieron observar diferencias significativas entre los tratamientos en términos de composición botánica, aunque la proporción de Toledo fue diez puntos porcentuales superior al Mulato II. Esto sugiere que si alguna diferencia iba a ocurrir, esto comenzaría a ser evidente después de los primeros 5 meses post-siembra.

## **4.2. Fase de post-establecimiento**

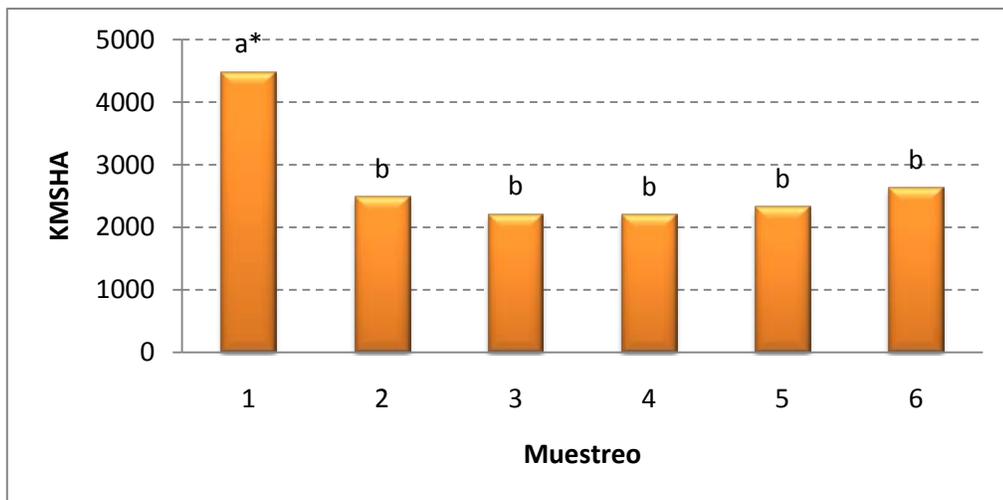
### **4.2.1. Producción de Materia Seca**

El análisis global del comportamiento de la producción de materia seca en los tratamientos evaluados en seis fechas de muestreo, no revela efectos significativos de los factores simples cultivar y manejo ( $P=0,4587$  y  $P=0,09$ , respectivamente) (Cuadro 2A). Así, los valores promedio de producción de materia seca (kg MS/ha/corte) a través de seis muestreos fueron de 2.586 y 2.855 kg MS/ha/corte para el pasto Toledo y Mulato II, respectivamente.

Por otra parte, los valores promedio para los diferentes manejos fueron 2.923, 2350 y 2.888 kg MS/ha/corte para las parcelas fertilizadas, sin fertilizar y asociadas con *A. pintoii*, respectivamente. En resumen, la producción promedio general para esta fase de evaluación de producción de biomasa correspondiente a los primeros seis meses post-establecimiento, fue aproximadamente 35 t MS/ha/año. Esta producción estimada por año se considera relativamente alta pero debe tenerse presente que corresponde a los primeros meses de la pastura.

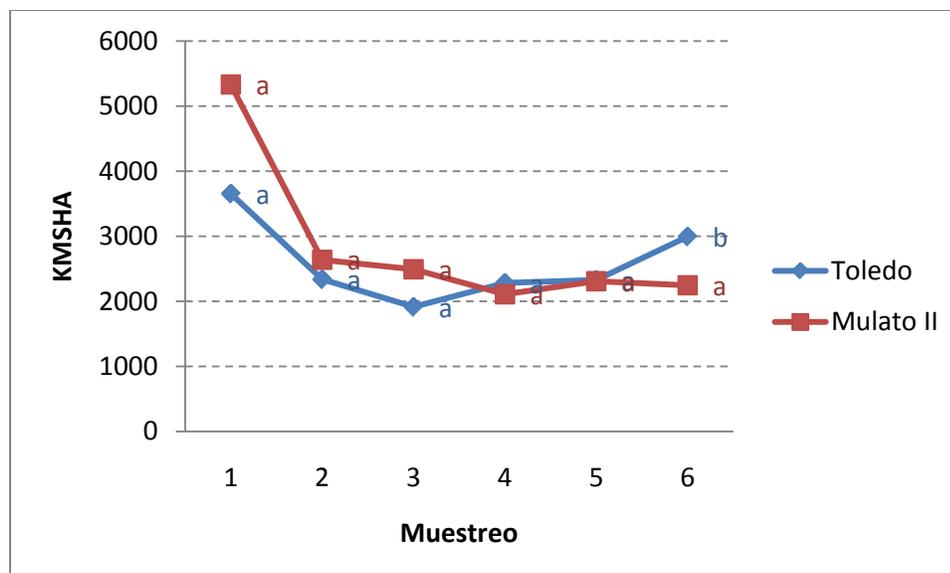
Aunque se presentó un efecto de fecha de muestreo ( $P<0,0001$ ) que sugiere una marcada disminución en el comportamiento de los tratamientos después del primer muestreo, a partir del cual las producciones de forraje se mantuvieron constantes (Fig. 12), existió un efecto de la interacción fecha de

muestreo x cultivar ( $P=0,0021$ ), (Cuadro A2 y A3). Esta interacción señala que el mayor descenso en producción de MS ocurrió en el pasto Mulato II y que además, a partir del tercer muestreo ocurrió una tendencia sostenida a incrementar las producciones de forraje en los tratamientos con pasto Toledo. Esta información señala que al menos en la fase de investigación cubierta en este ensayo, el pasto Toledo presenta un mejor comportamiento en términos de sostenibilidad de su producción a través del tiempo, con una tendencia a mostrar una mejor condición de las parcelas experimentales en los últimos muestreos (Fig. 13).



\*Barras con letras iguales no difieren significativamente ( $P<0,05$ ).

Figura 12. Producción de kg MS/ha/corte como promedio de los tratamientos para cada una de las fechas de muestreo (Datos promedio de pasto Toledo y Mulato II).



\*Puntos con letras iguales en un mismo muestreo no difieren significativamente.

Figura 13. Producción de MS/ha/corte según tipo de pasto evaluado como promedio de los tipos de manejo en cada una de las fechas.

En el análisis individual por fecha de muestreo solamente se registró un efecto del cultivar sobre la producción de forraje en el sexto muestreo con superioridad ( $P=0,0311$ ) del pasto Toledo sobre el Mulato II (2.997 y 2.247 kg MS/ha/corte, respectivamente) (Cuadros A4 a A12).

Por otra parte, efectos de tipo de manejo fueron significativos ( $P<0.05$ ) en el segundo, cuarto y sexto muestreo (Fig. 14). Los tratamientos fertilizados fueron en promedio 47% superiores en producción de MS respecto a los no fertilizados, y sólo 7% superiores a los tratamientos asociados en los muestreos señalados. Sin embargo, como se apuntó al inicio de este capítulo, la falta de establecimiento exitoso de *Arachis pinto* no permite al momento fundamentar este resultado.

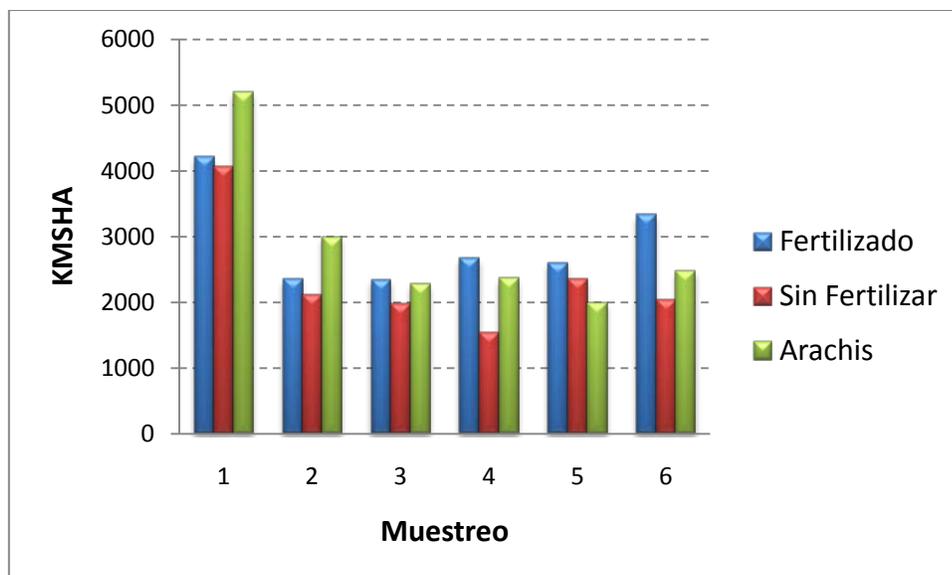


Figura 14. Producción de MS/ha/corte según tipo de manejo para cada una de las fechas.

En cuanto a los contenidos (%) de materia seca, se notó un incremento general en los valores conforme se avanzó en los muestreos con excepción de los muestreos segundo y cuarto (Cuadro 6). Existió una tendencia hacia cosechas por parte del animal a alturas cada vez mayores conforme avanzó el experimento, lo que significó un acúmulo gradual de material residual contribuyendo así a que el material muestreado en cada fecha sucesiva fuera más maduro y por tanto con mayor contenido de MS. Los relativamente inferiores contenidos de MS en el segundo y cuarto muestreo se debieron a que las fechas de toma de muestra coincidieron con días de alta precipitación, como puede comprobarse en los datos registrados en la estación meteorológica del ITCR-SSC (51,8, 150,3, 4,1, 103,5, 0,4 y 0 mm/día, para las fechas de muestreo correspondientes al primero, segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto muestreos, respectivamente).

Cuadro 6: Contenido (%) de materia seca promedio de cada cultivar en cada uno de los muestreos.

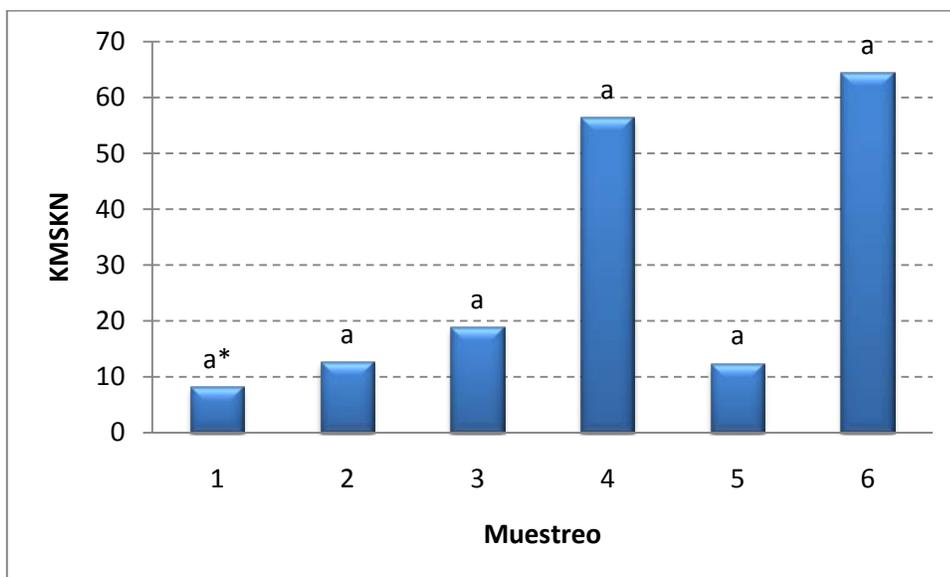
Muestreo	% MS	
	Toledo	Mulato II
1	17,2	15,7
2	15,2	14,1
3	19,9	21,0
4	17,9	16,3
5	22,8	22,2
6	24,7	25,5

#### 4.2.2. Kilogramos de materia seca por kilogramo de nitrógeno aplicado (KMSKN)

Es importante recordar que esta variable se calcula con base en los tratamientos fertilizados y no fertilizados y que representa una estimación de que tan eficiente es la planta utilizando el nitrógeno que se le aplicó para la producción de tejido comestible; entre más alto es este valor, se dice que la planta es más eficiente en el proceso mencionado anteriormente (Navarro, 1992).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas debido al muestreo ( $P=0,3132$ ; Cuadro A13), aún cuando en la Fig. 15 se observan diferencias considerables. Dentro de los muestreos no se encontraron efectos estadísticamente significativos del cultivar ( $P>0,05$ ; Cuadros A14 a A19) sobre esta variable; es decir, la eficiencia en el uso del nitrógeno aplicado fue igual para los dos cultivares. El valor promedio para los dos cultivares fue de 8,05, 12,52, 18,69, 56,28, 12,22 y 64,22 KMSKN, en el primero, segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto muestreo, respectivamente (Fig. 15), lo cual es producto de la diferencia en la respuesta de los tratamientos fertilizados vs. los no fertilizados en términos de producción de biomasa cosechada. Como pudo observarse en la Fig. 14, esta diferencia fue máxima justo en los muestreos cuarto y sexto, en los cuales el índice KMSKN alcanza sus valores máximos (Fig. 15). Estos resultados también

soportan la idea de que las diferencias positivas de la fertilización sobre la no fertilización tenderán a acentuarse conforme avanza la edad de la pastura.



\*Columnas con letras iguales no difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

Figura 15. Kilogramos de MS/kg N aplicado (KMSKN) a lo largo de los seis muestreos (cada barra representa el promedio de los dos cultivares).

#### 4.2.3. Composición botánica

No hubo efecto estadísticamente significativo de ninguno de los factores (cultivar y manejo) sobre este parámetro en el análisis particular para cada muestreo (Cuadros A1, A20 y A21). En el análisis global se encontró un efecto ( $P < 0.0001$ ) de fecha de muestreo y no efectos de interacciones simples o triples (Cuadro A22 y A23).

Al inicio el porcentaje de gramínea deseada fue más alto en comparación con el segundo y tercer muestreo (Fig. 16). Aún al final del período experimental, la proporción de gramínea deseable fue superior al 85% (Fig. 16), lo cual se toma como aceptable. Debe recordarse que la carga animal promedio utilizada fue del orden de 4,6 – 5,9 U.A./ha. Por lo

tanto, aun a estas cargas altas, las pasturas de ambas especies se comportaron bien, aunque debe continuarse el monitoreo para advertir posibles signos de degradación.



\*Columnas con letras iguales no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Figura 16. Composición botánica (proporción de gramínea deseable en tres diferentes momentos).

A pesar de que no hubo efecto significativo del manejo sobre esta variable, se pudo apreciar una considerable cantidad de malezas como Ratana (*Ischaemum indicum*) en las parcelas sin fertilizar (Fig. 17). En ausencia de fertilización y alta carga animal, se presentaron algunos puntos con fuerte invasión de otras gramíneas de crecimiento postrado en detrimento de la proporción de especies como Mulato II que es de crecimiento macollado.



Figura 17. Parcela de Mulato II invadida con pasto Ratana (*Ischaemum indicum*).

En el sexto muestreo de biomasa se observaron algunas plantas de *Arachis pintoii* en las parcelas correspondientes pero no lo suficiente para ser considerada como una presencia significativa en el experimento (Fig. 18). Según Castillo *et al.* (2005b), el hábito de crecimiento estolonífero de esta planta le brinda la capacidad de ir aumentando su proporción dentro de una parcela en el tiempo. Por otra parte, la alta carga animal podría favorecer este comportamiento conforme pase el tiempo. Andrade *et al.* (2005), comentan la buena respuesta de esta leguminosa a la alta intensidad de pastoreo.



Figura 18. Plantas de *Arachis pintoi* en asocio con la gramínea.

## 5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó este estudio se concluye:

- El establecimiento de *Arachis pintoii* en asocio con las gramíneas Toledo y Mulato II no fue exitoso debido al excesivo desarrollo mostrado por ambos pastos cuando la leguminosa fue introducida.
- La aplicación de nitrógeno no causó cambios significativos en la composición botánica de la pastura durante el periodo evaluado.
- Los beneficios de la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje tendieron a ser más evidentes al final del período experimental (muestréos 4 y 6) lo que sugiere que mayores diferencias entre parcelas fertilizadas y no fertilizadas podrán observarse conforme el tiempo avance.
- Las diferencias entre especies (Toledo vs. Mulato II) tendieron a ser más evidentes al final del período experimental.
- La eficiencia en utilización del fertilizante, expresada como kg de MS/kg N aplicado, no fue afectada por la especie de pasto utilizada. Los mayores valores tendieron a ocurrir al final del experimento (con excepción del muestreo 5). Esto demuestra la necesidad de prolongar el periodo de evaluación a un momento en que la pastura se haya estabilizado antes los factores de manejo impuestos.

## 6. RECOMENDACIONES

- Realizar un eficiente control de malezas antes de la siembra de *Arachis pinto*.
- No aplicar herbicidas selectivos a gramíneas una vez que se ha sembrado *Arachis pinto*.
- Aumentar la dosis de nitrógeno (30 kg / ha / corte), con el fin de buscar un efecto más notable sobre variables como composición botánica y KMSKN.
- Realizar evaluaciones en un periodo más amplio de tiempo, tomando en cuenta que se vio el efecto esperado hasta el sexto muestreo.
- Utilizar semilla de gramínea de mejor calidad (vitalidad).

## 7. LITERATURA CONSULTADA

Alfaro García, O.; Ducca Durán, E.; Solano Chévez, O.; Zumbado Ramírez, C. 2007. Caracterización y plan acción para el desarrollo de la agrocadena de Ganado Bovino en la región Huetar Norte. (en línea). MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería): Dirección Regional Huetar Norte. Consultado 17 abril 2008. Disponible en [www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/ac-ganaderia-rhn-2007.pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/ac-ganaderia-rhn-2007.pdf)

Andrade, M. 2007. El Efecto del Invierno Tropical en las Pasturas y su Influencia sobre el Hato Lechero en Zonas de Altura. Revista Ventana Lechera. N°5:20.

Andrade, C.; García R.; Valentim, J.; Pereira, O. 2005. Response of *Arachis pintoi* to grazing intensity when associated with different grasses. (en línea). Tropical Grasslands Journal. 39:240. Consultado 18 febrero 2009. Disponible en [http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol\\_39\\_2005/Vol\\_39\\_04\\_2005\\_pp240\\_240.pdf](http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_39_2005/Vol_39_04_2005_pp240_240.pdf)

Argel, P. 2006. Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. (en línea). Revista Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 14(2):65-72. Consultado 17 abril 2008. Disponible en [www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2014-2/h-P.J.%20Argel.pdf](http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2014-2/h-P.J.%20Argel.pdf)

\_\_\_\_\_; da Veiga, J. 1991. Manejo de La competencia entre forrajeras y malezas en el establecimiento y recuperación de las pasturas. En: Establecimiento y Renovación de Pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Lascano, C; Spain, J, editores. Red

Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Sexta Reunión del Comité Asesor. p. 237-256.

\_\_\_\_\_; Miles, J.; Guiot, J.; Cuadrado, H.; Lascano, C. 2007. Cultivar Mulato II (*Brachiaria* híbrido CIAT 36087): Gramínea de alta calidad y producción forrajera, resistente a salivazo y adaptada a suelos tropicales ácidos bien drenados. (en línea). CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Cali, Colombia. Consultado 15 abril 2008. Disponible en [www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/mulato\\_ii\\_espanol.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/mulato_ii_espanol.pdf)

\_\_\_\_\_; Villarreal, M. 2000. Cultivar Porvenir: Nuevo Maní Forrajero Perenne (*Arachis pintoii* Krap. y Greg. nom. nud., CIAT 18744). (en línea). Consultado 11 febrero 2009. Disponible en [http://www.ciat.cgiar.org/tropileche/articulos.pdf/arachis\\_3.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/tropileche/articulos.pdf/arachis_3.pdf)

Arroyo, G.; Carmona, G.; Villalobos, J.; Hernández, J.; Médicos Veterinarios Dos Pinos. 2006. Niveles Altos de Ácido Prúsico (Ácido Cianhídrico) en Pastos de Fincas de La Zona Huetar Norte. Revista Ventana Lechera. N°3:15.

Ayarza, M.; Spain, J. 1991. Manejo del ambiente físico y químico en el establecimiento de pasturas mejoradas. En: Establecimiento y Renovación de Pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Lascano, C; Spain, J, editores. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Sexta Reunión del Comité Asesor. p. 188-208.

Botero Botero, R. 2007. La ganadería intensiva, basada en forrajes, como una opción a la crisis cafetera en América tropical (en línea). Universidad EARTH. Costa Rica. Consultado 14 abril 2008. Disponible en [usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000039.pdf](http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000039.pdf)

CAFESA. 2008. Precios de la Urea. (entrevista). Agencia de Ciudad Quesada. San Carlos, Costa Rica.

Castelán, M.; Ciotti, E.; Tomei, C. 2003. Caracterización del valor nutritivo de dos accesiones de *Arachis pintoii*. (en línea). Resumen A-027. UNNE, AR. Consultado 11 febrero 2009. Disponible en <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-027.pdf>

Castillo Gallegos, E.; Jarillo Rodríguez, J.; Ocaña Zavaleta, E.; Marín Mejía, B.; 't Mannetje, L.; Aluja Schunemann, A. 2005a. Performance of dual-purpose cows on a native pasture - *Arachis pintoii* association in the humid tropics of México. (en línea). Tropical Grasslands Journal. 39:239. Consultado 11 febrero 2009. Disponible en [http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol\\_39\\_2005/Vol\\_39\\_04\\_2005\\_pp239\\_239.pdf](http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_39_2005/Vol_39_04_2005_pp239_239.pdf)

\_\_\_\_\_; 't Mannetje, L.; Aluja Schunemann, A. 2005b. Production and persistence of a native pasture - *Arachis pintoii* association in the humid tropics of Mexico. (en línea). Tropical Grasslands Journal. 39:238. Consultado 16 marzo 2009. Disponible en [http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol\\_39\\_2005/Vol\\_39\\_04\\_2005\\_pp238\\_238.pdf](http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_39_2005/Vol_39_04_2005_pp238_238.pdf)

Cuadrado, H.; Torregroza, L.; Jiménez. 2004. Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género *Brachiaria*. (en línea). Revista MVZ Córdoba. 9(2):438-443. Consultado 18 febrero 2009. Disponible en <http://apps.unicordoba.edu.co/revistas/revistamvz/mvz-92/92-4.pdf>

Da Silva, L.; Dias, P.; Souto, S.; De Resende, A.; Colombari, A.; Miranda, C. Franco, A. 2008. Influência de espécies de leguminosas arbóreas na

qualidade e produção de pastagem de capim Marandu (*Brachiaria brizantha*). (en línea). Revista Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 16(2):48-55. Consultado 11 febrero 2009. Disponible en <http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2016-2/alpa-2007-646.pdf>

De Andrade, RP; Ferguson, JE. 1991. La Calidad de La Semilla en el Establecimiento de las Pasturas. En: Establecimiento y Renovación de Pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Lascano, C; Spain, J, editores. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Sexta Reunión del Comité Asesor. p. 19-51.

De la Mora Valles, B.; Cadisch, G.; Castillo Gallegos, E. 2008. Mineralización de nitrógeno en suelos de pasturas con *Arachis pintoi*. (en línea). Revista Técnica Pecuaria en México. 46(1):91-105. Consultado 15 abril 2008. Disponible en [www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200801140039.pdf](http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200801140039.pdf)

Estrada, J. 2002. Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano (vista previa del libro). (en línea). Universidad de Caldas. CO. Consultado 14 abril 2009. Disponible en <http://books.google.co.cr/books?id=qhbLgdouyJkC&printsec=frontcover&dq=pastos+y+forrajes+para+el+tropico+colombiano>

Faría Mármol, J. 2005. Establecimiento de pasturas. (en línea). Manual de Ganadería Doble Propósito. p. 156-161. Consultado 15 abril 2008. Disponible en [www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros\\_online/manual-ganaderia/seccion3/articulo3-s3.pdf](http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion3/articulo3-s3.pdf)

\_\_\_\_\_. 2006. Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito. (en línea). X Seminario de Pastos y Forrajes. Maracaibo, Venezuela. Consultado 13 abril 2008. Disponible en

[www.avpa.ula.ve/congresos/seminario\\_pasto\\_X/Conferencias/A1-Jesus%20Faria%20Marmol.pdf](http://www.avpa.ula.ve/congresos/seminario_pasto_X/Conferencias/A1-Jesus%20Faria%20Marmol.pdf)

Ferreira, D.; Dias, P., Souto S. 2008. Comportamento de acessos de amendoim forrageiro (*Arachis* spp), recomendados para região da Baixada Fluminense. (en línea). Revista Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 16(2):41-47. Consultado 11 febrero 2009. Disponible en <http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2016-2/alpa-2007-648.pdf>

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2008. Razones para aumento en precio de fertilizantes. Carta Informativa Trimestral de la Dirección General. 16(2):1-2.

Fisher, MJ; Cruz, P. 1995. Algunos Aspectos de la Ecofisiología de *Arachis pintoii*. En: Biología y Agronomía de Especies Forrajeras de *Arachis*. Kerridge, P editor. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Publicación N° 245. p. 56-75.

\_\_\_\_\_; Kerridge, PC. 1998. Agronomía y Fisiología de las Especies de *Brachiaria*. En: *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. Miles, JW, Maass, BL; do Valle, CB, editores. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Publicación N° 295. p. 46-57.

Gil, E.; Alvarez, E.; Maldonado, G. 1991. Distancia y distribución de siembra en el establecimiento tres especies de *Brachiaria* asociadas con leguminosas. (en línea). Revista Pasturas Tropicales. 13(3):11-14. Consultado 14 abril 2008. Disponible en [ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Vol13\\_rev3\\_a%F1o91\\_art3.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Vol13_rev3_a%F1o91_art3.pdf)

Gil, J. 2001. Comparación de los procedimientos GLM y MIXED del SAS para analizar diseños de parcelas divididas con bloques al azar. (en línea).

Revista Zootecnia Tropical. 19(1):43-58. Consultado 21 junio 2008.  
Disponible en  
[www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/ZootecniaTropical/zt1901/texto/gil.htm](http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/ZootecniaTropical/zt1901/texto/gil.htm)

Guenni, O.; Gil, J.; Guedez, Y. 2005. Growth, forage yield and light interception and use by stands of five *Brachiaria* species in a tropical environment. (en línea). Tropical Grasslands Journal. 39:42-53. Consultado 16 marzo 2009.  
Disponible en  
[http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol\\_39\\_2005/Vol\\_39\\_01\\_2005\\_pp42\\_53.pdf](http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_39_2005/Vol_39_01_2005_pp42_53.pdf)

Guevara, E.; Espinoza, F. 2006. Nuevos materiales forrajeros para la producción de leche y carne en las sabanas de Venezuela. (en línea). II Symposium en Recursos y Tecnologías Alimentarias para la Producción Bovina a Pastoreo en Condiciones Tropicales. p. 243-274. Consultado 17 abril 2008.  
Disponible en [www.avpa.ula.ve/eventos/ii\\_simposio\\_pastca2006/13.pdf](http://www.avpa.ula.ve/eventos/ii_simposio_pastca2006/13.pdf)

Holmann, F.; Argel, P.; Rivas, L.; White, D.; Estrada, R.; Burgos, C.; Perez, E.; Ramírez, E.; Medina, A. 2004a. Degradación de pasturas y pérdidas de productividad animal: Una evaluación económica desde la perspectiva de los productores y extensionistas pecuarios en Honduras. (en línea). Consultado 11 febrero 2009. Disponible en  
[http://www.ciat.cgiar.org/tropoleche/articulos.pdf/Degradacion\\_de\\_pasturas.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/tropoleche/articulos.pdf/Degradacion_de_pasturas.pdf)

\_\_\_\_\_; Rivas, L.; Argel, P.; Pérez, E. 2004b. Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria*: Centroamérica y México. (en línea). Documento de Trabajo #197. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Cali, Colombia. Consultado 14 abril 2008. Disponible en

[www.ilri.org/Link/Publications/Publications/Adopcin%20de%20pastos%20Brachiaria%20en%20CA%20%20Mex-final.pdf](http://www.ilri.org/Link/Publications/Publications/Adopcin%20de%20pastos%20Brachiaria%20en%20CA%20%20Mex-final.pdf)

Hopkinson, JM; de Souza, FHD; Diulgheroff, S. Ortiz, A; Sánchez, M. 1998. Fisiología Reproductiva, Producción de Semilla y Calidad de la Semilla en el Género *Brachiaria*. En: *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. Miles, JW, Maass, BL; do Valle, CB, editor. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Publicación N° 295. p. 136-155.

Iturbide, A. 1981. Producción y Utilización de Forrajes en el Trópico. Rol de las leguminosas en las praderas. CATIE. Turrialba, CR. p. 103-127.

Jiménez, M. 2008. Producción de Forrajes en Costa Rica. Revista Ventana Lechera. N°10:11-13.

Juárez, F.; Montero, M.; Serna, C.; Canudas, E. 2003. Evaluación Nutricional de Gramíneas Forrajeras Tropicales para Bovinos. (en línea). Consultado 5 febrero 2009. Disponible en <http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse1/minisite/pdf/5/EVALUACION%20%20NUTRICIONAL%20DE%20GRAM%C3%96NEAS%20FORRAJERAS%20TROPICALES%E2%80%A6.pdf>

Kapitulnik, I. 2007. Lignina: Forraje y Laboratorio. Revista Ventana Lechera. N°5:10.

Lapointe, S.; Ferrufino, A. 1991. Plagas que atacan los pastos tropicales durante su establecimiento. En: *Establecimiento y Renovación de Pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación*. Lascano, C; Spain, J, editores. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Sexta Reunión del Comité Asesor. p. 81-102.

Lascano, C.; Pérez, R.; Plazas, C.; Medrano, J.; Pérez, O.; Argel, P. 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110): Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. (en línea). Villavicencio, Colombia. Consultado 17 abril 2008. Disponible en [www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/brachiaria\\_brizantha\\_cv\\_toledo.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/brachiaria_brizantha_cv_toledo.pdf)

\_\_\_\_\_ ; Peters, M.; Holmann, F. 2005. *Arachis pinto* in the humid tropics of Colombia: A forage legume success story. (en línea). Tropical Grasslands Journal. 39:220. Consultado 11 febrero 2009. Disponible en [http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol\\_39\\_2005/Vol\\_39\\_04\\_2005\\_pp220\\_220.pdf](http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_39_2005/Vol_39_04_2005_pp220_220.pdf)

Lopes de Matos, L. 2007. Producción de Leche en el Brasil, I Parte. Revista Ventana Lechera. N°6:8.

\_\_\_\_\_. 2008. Producción de Leche en el Brasil, II Parte. Revista Ventana Lechera. N°7:11.

Mares, V. 1981. Producción y Utilización de Forrajes en el Trópico. Bases Fisiológicas para el Manejo de Pasturas Tropicales. CATIE. Turrialba, CR. p. 21-38.

Moya, L. 2004. Redacción de Referencias Bibliográficas: Normas Técnicas. Basado en el documento: Redacción de referencias bibliográficas: normas técnicas del IICA y el CATIE. Instituto Tecnológico de Costa Rica: Centro de Información Tecnológica. 25 p. (Utilizado para la elaboración correcta de la Bibliografía).

Navarro, L. 1992. Rendimiento de materia seca y contenido de proteína en el pasto Swazi. (en línea). FONAIAP-CENIAP-IIA, Maracay, VE. Consultado

18                    abril                    2009.                    Disponible                    en  
<http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd39/texto/rendimiento.htm>

Payán Masis, AY. 2006. Evaluación participativa de forrajes mejorados para el manejo sostenible de los recursos naturales en la subcuenca del río Jucuapa Matagalpa, Nicaragua. (en línea). Tesis M.Sc. Turrialba, CR, CATIE. 110 p. Consultado 17 marzo 2009. Disponible en [on.catie.ac.cr/repdoc/A0981e/A0981e.pdf](http://on.catie.ac.cr/repdoc/A0981e/A0981e.pdf)

Pérez López, O. 2005. Establecimiento y manejo de especies forrajeras para producción bovina en el trópico bajo. (en línea). CORPOICA. (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). Consultado 16 abril 2008. Disponible en [www.cundinamarca.gov.co/Cundinamarca/Archivos/FILE\\_EVENTOSENTI/FILE\\_EVENTOSENTI10932.pdf](http://www.cundinamarca.gov.co/Cundinamarca/Archivos/FILE_EVENTOSENTI/FILE_EVENTOSENTI10932.pdf)

Peters, M.; Maass, B.; Franco, L.; Cárdenas, E. 2000. Evaluación de germoplasma nuevo de *Arachis pintoï* en Colombia. 3. Bosque muy húmedo tropical - Piedemonte Amazónico, Caquetá. (en línea). Revista Pasturas Tropicales. 22(2):2-28. Consultado 11 marzo 2009. Disponible en [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/PAST2221.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/PAST2221.pdf)

Pereira, J.; Lascano, C. 1991. Manejo del pastoreo en el periodo de formación de la pastura. En: Establecimiento y Renovación de Pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Lascano, C; Spain, J, editores. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Sexta Reunión del Comité Asesor. p. 257-267.

Rincón, A. 1999. Maní forrajero (*Arachis pintoï*), la leguminosa para sistemas sostenibles de producción agropecuaria. (en línea). Información Técnica. Colombia. 3(24). Consultado 16 abril 2008. Disponible en

[www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/20061127164516\\_Man%C3%AD%20forrajero%20alimento%20animal.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061127164516_Man%C3%AD%20forrajero%20alimento%20animal.pdf)

\_\_\_\_\_. 2001. Potencial productivo de ecotipos de *Arachis pintoi* en el piedemonte de los llanos orientales de Colombia. (en línea). Corpoica. Consultado 18 febrero 2009. Disponible en <http://www.corpoica.gov.co/SitioWeb/Archivos/oferta/PotencialproductivodeecotiposdeArachispintoienelPiedemontedelosLlanosOrientalesdeColo.pdf>

\_\_\_\_\_; Ligarreto, G.; Garay, E. 2008. Producción de forraje en los pastos *Brachiaria decumbens* cv. Amargo y *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del Piedemonte Llanero Colombiano. (en línea). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 61(1):4336-4346. Consultado 18 febrero 2009. Disponible en <http://www.agro.unalmed.edu.co/publicaciones/revista/docs/10%20Produccion%20de%20forraje%20en%20pastos.pdf>

Rivas, L.; Holmann, F. 2001. Adopción temprana de *Arachis pintoi* en el trópico húmedo: El caso de los sistemas ganaderos de doble propósito en el Caquetá, Colombia. (en línea). Revista Pasturas Tropicales. 21(1):2-17. Consultado 17 abril 2008. Disponible en [www.ciat.cgiar.org/tropileche/pasturas\\_tropicales.pdf/past21\\_1.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/tropileche/pasturas_tropicales.pdf/past21_1.pdf)

Robert, E. 2007. Enfrente con Éxito los Altos Precios del Abono y el Concentrado, Conservando Forrajes. Revista Ventana Lechera. N°6:15.

Rodríguez Echeverría, S. 2002. Caracterización de cepas de *Bradyrhizobium* de leguminosas arbustivas ibéricas. Implicaciones ecológicas de la interacción planta-microorganismo. (en línea). Revista Científica y Técnica de Ecología

y Medio Ambiente. 11(3). Consultado 13 abril 2008. Disponible en [www.revistaecosistemas.net/pdfs/270.pdf](http://www.revistaecosistemas.net/pdfs/270.pdf)

Rodríguez, L. 1997. Evaluación de cuatro asociaciones Gramínea / Leguminosa bajo pastoreo en la Región Huetar Norte de Costa Rica: Fase 1. Tesis Lic. Santa Clara, CR, ITCR. Esc. Agronomía. 84 p.

Rojas-Bourrillon, A. 2007. Ventajas y limitaciones para el uso del maní forrajero perenne (*Arachis pinto*) en la ganadería tropical. (en línea). XI Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. p. 88-99. Consultado 16 abril 2008. Disponible en [www.avpa.ula.ve/eventos/xi\\_seminario/Conferencias/Articulo-9.pdf](http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi_seminario/Conferencias/Articulo-9.pdf)

\_\_\_\_\_; Quan, A.; Rojas, M.; Villarreal, M. 1999. Validación del uso de maní forrajero (*Arachis pinto*) en la crianza de terneras de lechería. II. Utilización como forraje de corte. (en línea). Revista Agronomía Costarricense. 23(1):13-19. Consultado 17 marzo 2009. Disponible en [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v23n01\\_013.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v23n01_013.pdf)

Rojas Hernández, S.; Olivares Pérez, J.; Jiménez Guillén, R.; Hernández Castro, E. 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. (en línea). Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. 6(5). Consultado 14 abril 2008. Disponible en [www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505/050509.pdf](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505/050509.pdf)

Salas Araya, R. 2006. Evaluación del efecto de una enmienda calcárea en la producción de *Brachiaria brizantha* en un suelo Ultisol de Pocosol, San Carlos. Tesis B.Sc. Santa Clara, CR, ITCR. Esc. Agronomía. 30 p.

Sánchez, A. 1998. Leguminosas como potencial forrajero en la alimentación bovina (en línea). FONAIAP. Estación Experimental del Estado Falcón.

Venezuela. Consultado 14 abril 2008. Disponible en [www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd50/leguminosas.htm](http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd50/leguminosas.htm)

Sotelo, G.; Cardona, C.; Miles, J. 2008. Insectos que ponen en riesgo los pastos del valle del Cauca: Salivazo o Mión. La Resistencia Varietal como Método de Control del Salivazo de los Pastos (Homoptera: Crecopidae). (en línea). Consultado 17 abril 2008. Disponible en [www.cenicana.org/pdf/no\\_clasificacion/6195.pdf](http://www.cenicana.org/pdf/no_clasificacion/6195.pdf)

‘t Mannetje, L; Haydock, KP. 1963. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pastures. *Journal of the British Grassland Society*. 18:268-275.

Torres, M. 1995. Características físicas, químicas y biológicas en suelos bajo pasturas de *Brachiaria brizantha* sola y en asocio con *Arachis pintoï*, después de cuatro años de pastoreo en el Trópico Húmedo de Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, CR, CATIE. 98 p. Consultado 17 marzo 2009. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0731E/A0731E.PDF>

Valentim, J.; Andrade, C. 2005. Forage peanut (*Arachis pintoï*) (A high yielding and high quality tropical legume for sustainable cattle production systems in the western Brazilian Amazon). (en línea). *Tropical Grasslands Journal*. 39:222. Consultado 11 marzo 2009. Disponible en [http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol\\_39\\_2005/Vol\\_39\\_04\\_2005\\_pp222\\_222.pdf](http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_39_2005/Vol_39_04_2005_pp222_222.pdf)

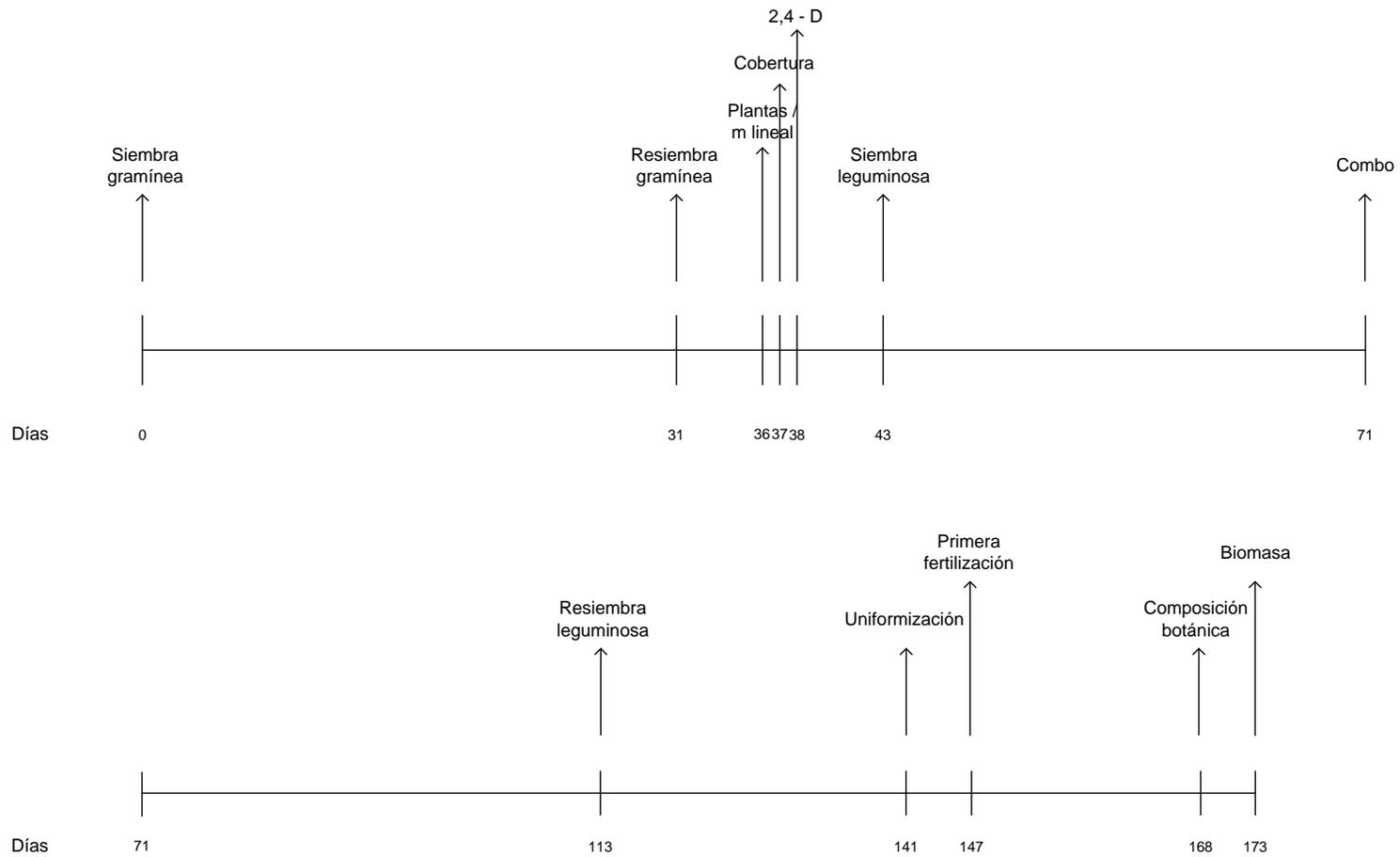
Valls, JFM; Simpson, CE. 1995. Taxonomía, Distribución Natural y Atributos de *Arachis*. En: *Biología y Agronomía de Especies Forrajera de Arachis*. Kerridge, P., editor. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Publicación N° 245. p. 1-20.

- Villarreal, M. 1995. Evaluación de métodos de establecimiento de semilleros de maní forrajero (*Arachis pintoi* Krapovickas y Gregory) por medio de material vegetativo. Informe Final de Proyecto de Investigación. Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR).
- \_\_\_\_\_. 1998. Alternativas forrajeras para el mejoramiento de los sistemas de producción ganadera. Demostración de campo. Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) – CONICIT.
- \_\_\_\_\_. 2008. Nuevas Estrategias de Alimentación para la Producción de Leche en los Trópicos. Revista Ventana Lechera. N°10:4,6.
- \_\_\_\_\_; Cochran, R.; Villalobos, L.; Rojas-Bourrillón, A.; Rodríguez, R.; Wickersham, T. 2005. Dry-matter yields and crude protein and rumen-degradable protein concentrations of three *Arachis pintoi* ecotypes at different stages of regrowth in the humid tropics. Grass and Forage Science. 60:237-243.
- \_\_\_\_\_; Villalobos, L.; Rodríguez, R. 1999. Comportamiento de la leguminosa forrajera *Arachis pintoi* en fincas lecheras en la región de San Carlos, Costa Rica. (en línea). Resumen 418. XI Congreso Nacional Agronómico. Consultado 11 febrero 2009. Disponible en [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_XI/a50-6907-III\\_556.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_XI/a50-6907-III_556.pdf)
- \_\_\_\_\_; Zúñiga, R.; Zumbado, E. 2000. Potencial de producción de biomasa aérea y semilla de tres accesiones de *Arachis pintoi* sometidas a diferentes frecuencias de corte. Primer Congreso de Investigación: Los retos y propuestas de la investigación en el III milenio (Memorias). San José, CR. p.135

- Whalley, RDB; Hardy, MB. 2000. Measuring botanical composition of grasslands. In: Field and laboratory methods for grassland and animal production research. Mannerje, L. 't and Jones, R.M., editor. CABI Publishing, U.K. 67-102.
- Yi-bin, H.; Long-fei, T.; Zhong-deng, Z.; En, C.; Zhao-yang, Y. 2004. Utilization of *Arachis pintoii* in red soil region and its efficiency on water-soil conservation in China. (en línea). 13th International Soil Conservation Organization Conference – Brisbane. Consultado 17 marzo 2009. Disponible en <http://www.tucson.ars.ag.gov/isco/isco13/PAPERS%20R-Z/YIBIN.pdf>
- Zwart, M.; Rojo, J.; de la Cruz, R.; Yeomans, J. 2005. Coberturas y la Salud del Suelo. (en línea). Revista Tierra Tropical: Sostenibilidad, Ambiente y Sociedad. 1(1):9-20. Consultado 14 abril 2008. Disponible en [usi.earth.ac.cr/tierratropical/archivos-de-usuario/Edicion/3\\_v1-02\\_ZwartRojo.pdf](http://usi.earth.ac.cr/tierratropical/archivos-de-usuario/Edicion/3_v1-02_ZwartRojo.pdf)

## 8. ANEXOS

Figura A1. Línea de tiempo de las actividades realizadas en el campo experimental desde la siembra de la gramínea hasta el primer muestreo de biomasa.



Cuadro A1. Análisis de Varianza para la variable composición botánica en el muestreo 1.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Cultiva	1	2	2.40	0.2614
Manejo	2	8	0.92	0.4381
Cultiva*Manejo	2	8	0.53	0.6077

Cuadro A2. Análisis de Varianza para la variable KMSHA en todos los muestreos.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
CUL	1	2	0.83	0.4587
MAN	2	8.02	3.23	0.0936
CUL*MAN	2	8.02	0.06	0.9421
MUEST	5	58.8	18.78	<.0001
MUEST*CUL	5	58.8	4.30	0.0021
MUEST*MAN	10	58.8	1.47	0.1757
MUEST*CUL*MAN	10	58.8	0.44	0.9225

Cuadro A3. Prueba LSMEANS para identificar diferencias entre tratamientos e interacciones para la variable KMSHA en todos los muestreos.

Effect	CUL	MAN	MUEST	CUL	MAN	MUEST	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
MUEST			1			2	1986.45	285.65	59.2	6.95	<.0001
MUEST			1			3	2270.70	285.65	59.2	7.95	<.0001
MUEST			1			4	2278.67	285.65	59.2	7.98	<.0001
MUEST			1			5	2154.53	285.65	59.2	7.54	<.0001
MUEST			1			6	1852.69	285.65	59.2	6.49	<.0001
MUEST			2			3	284.25	284.87	58.6	1.00	0.3225
MUEST			2			4	292.22	284.87	58.6	1.03	0.3092
MUEST			2			5	168.08	284.87	58.6	0.59	0.5574
MUEST			2			6	-133.76	284.87	58.6	-0.47	0.6404
MUEST			3			4	7.9689	284.87	58.6	0.03	0.9778
MUEST			3			5	-116.17	284.87	58.6	-0.41	0.6849
MUEST			3			6	-418.01	284.87	58.6	-1.47	0.1476
MUEST			4			5	-124.14	284.87	58.6	-0.44	0.6646
MUEST			4			6	-425.98	284.87	58.6	-1.50	0.1402
MUEST			5			6	-301.84	284.87	58.6	-1.06	0.2937
MUEST*CUL	Mul		1	Tol		1	1717.32	477.93	11.6	3.59	0.0039
MUEST*CUL	Mul		1	Mul		2	2695.07	402.86	58.6	6.69	<.0001
MUEST*CUL	Mul		1	Tol		2	2995.15	476.07	11.5	6.29	<.0001
MUEST*CUL	Mul		1	Mul		3	2840.94	402.86	58.6	7.05	<.0001
MUEST*CUL	Mul		1	Tol		3	3417.78	476.07	11.5	7.18	<.0001
MUEST*CUL	Mul		1	Mul		4	3224.18	402.86	58.6	8.00	<.0001

MUEST*CUL	Mul	1	Tol	4	3050.47	476.07	11.5	6.41	<.0001
MUEST*CUL	Mul	1	Mul	5	3023.08	402.86	58.6	7.50	<.0001
MUEST*CUL	Mul	1	Tol	5	3003.30	476.07	11.5	6.31	<.0001
MUEST*CUL	Mul	1	Mul	6	3086.08	402.86	58.6	7.66	<.0001
MUEST*CUL	Mul	1	Tol	6	2336.61	476.07	11.5	4.91	0.0004
MUEST*CUL	Tol	1	Mul	2	977.75	477.93	11.6	2.05	0.0641
MUEST*CUL	Tol	1	Tol	2	1277.83	405.07	59.8	3.15	0.0025
MUEST*CUL	Tol	1	Mul	3	1123.62	477.93	11.6	2.35	0.0372
MUEST*CUL	Tol	1	Tol	3	1700.47	405.07	59.8	4.20	<.0001
MUEST*CUL	Tol	1	Mul	4	1506.86	477.93	11.6	3.15	0.0086
MUEST*CUL	Tol	1	Tol	4	1333.16	405.07	59.8	3.29	0.0017
MUEST*CUL	Tol	1	Mul	5	1305.76	477.93	11.6	2.73	0.0186
MUEST*CUL	Tol	1	Tol	5	1285.99	405.07	59.8	3.17	0.0024
MUEST*CUL	Tol	1	Mul	6	1368.76	477.93	11.6	2.86	0.0146
MUEST*CUL	Tol	1	Tol	6	619.30	405.07	59.8	1.53	0.1316
MUEST*CUL	Mul	2	Tol	2	300.08	476.07	11.5	0.63	0.5408
MUEST*CUL	Mul	2	Mul	3	145.87	402.86	58.6	0.36	0.7186
MUEST*CUL	Mul	2	Tol	3	722.71	476.07	11.5	1.52	0.1561
MUEST*CUL	Mul	2	Mul	4	529.11	402.86	58.6	1.31	0.1942
MUEST*CUL	Mul	2	Tol	4	355.41	476.07	11.5	0.75	0.4704
MUEST*CUL	Mul	2	Mul	5	328.01	402.86	58.6	0.81	0.4188
MUEST*CUL	Mul	2	Tol	5	308.24	476.07	11.5	0.65	0.5301
MUEST*CUL	Mul	2	Mul	6	391.01	402.86	58.6	0.97	0.3357
MUEST*CUL	Mul	2	Tol	6	-358.45	476.07	11.5	-0.75	0.4667
MUEST*CUL	Tol	2	Mul	3	-154.21	476.07	11.5	-0.32	0.7518
MUEST*CUL	Tol	2	Tol	3	422.63	402.86	58.6	1.05	0.2984
MUEST*CUL	Tol	2	Mul	4	229.03	476.07	11.5	0.48	0.6395
MUEST*CUL	Tol	2	Tol	4	55.3238	402.86	58.6	0.14	0.8912
MUEST*CUL	Tol	2	Mul	5	27.9298	476.07	11.5	0.06	0.9542
MUEST*CUL	Tol	2	Tol	5	8.1531	402.86	58.6	0.02	0.9839
MUEST*CUL	Tol	2	Mul	6	90.9318	476.07	11.5	0.19	0.8519
MUEST*CUL	Tol	2	Tol	6	-658.54	402.86	58.6	-1.63	0.1075
MUEST*CUL	Mul	3	Tol	3	576.85	476.07	11.5	1.21	0.2500
MUEST*CUL	Mul	3	Mul	4	383.25	402.86	58.6	0.95	0.3454
MUEST*CUL	Mul	3	Tol	4	209.54	476.07	11.5	0.44	0.6680
MUEST*CUL	Mul	3	Mul	5	182.14	402.86	58.6	0.45	0.6528
MUEST*CUL	Mul	3	Tol	5	162.37	476.07	11.5	0.34	0.7392
MUEST*CUL	Mul	3	Mul	6	245.15	402.86	58.6	0.61	0.5452
MUEST*CUL	Mul	3	Tol	6	-504.32	476.07	11.5	-1.06	0.3112
MUEST*CUL	Tol	3	Mul	4	-193.60	476.07	11.5	-0.41	0.6917
MUEST*CUL	Tol	3	Tol	4	-367.31	402.86	58.6	-0.91	0.3656
MUEST*CUL	Tol	3	Mul	5	-394.70	476.07	11.5	-0.83	0.4240
MUEST*CUL	Tol	3	Tol	5	-414.48	402.86	58.6	-1.03	0.3078
MUEST*CUL	Tol	3	Mul	6	-331.70	476.07	11.5	-0.70	0.4998
MUEST*CUL	Tol	3	Tol	6	-1081.17	402.86	58.6	-2.68	0.0094
MUEST*CUL	Mul	4	Tol	4	-173.71	476.07	11.5	-0.36	0.7218
MUEST*CUL	Mul	4	Mul	5	-201.10	402.86	58.6	-0.50	0.6195
MUEST*CUL	Mul	4	Tol	5	-220.88	476.07	11.5	-0.46	0.6514
MUEST*CUL	Mul	4	Mul	6	-138.10	402.86	58.6	-0.34	0.7330
MUEST*CUL	Mul	4	Tol	6	-887.57	476.07	11.5	-1.86	0.0881
MUEST*CUL	Tol	4	Mul	5	-27.3940	476.07	11.5	-0.06	0.9551
MUEST*CUL	Tol	4	Tol	5	-47.1707	402.86	58.6	-0.12	0.9072
MUEST*CUL	Tol	4	Mul	6	35.6080	476.07	11.5	0.07	0.9417
MUEST*CUL	Tol	4	Tol	6	-713.86	402.86	58.6	-1.77	0.0816
MUEST*CUL	Mul	5	Tol	5	-19.7767	476.07	11.5	-0.04	0.9676
MUEST*CUL	Mul	5	Mul	6	63.0020	402.86	58.6	0.16	0.8763
MUEST*CUL	Mul	5	Tol	6	-686.47	476.07	11.5	-1.44	0.1761
MUEST*CUL	Tol	5	Mul	6	82.7787	476.07	11.5	0.17	0.8650
MUEST*CUL	Tol	5	Tol	6	-666.69	402.86	58.6	-1.65	0.1033
MUEST*CUL	Mul	6	Tol	6	-749.47	476.07	11.5	-1.57	0.1426

Cuadro A4. Análisis de Varianza para la variable KMSHA en el muestreo 1.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
CUL	1	2.04	8.72	0.0957
MAN	2	61.1	2.38	0.1008
CUL*MAN	2	61.1	0.45	0.6395

Cuadro A5. Análisis de Varianza para la variable KMSHA en el muestreo 2.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
CUL	1	64	1.04	0.3112
MAN	2	64	3.16	0.0491
CUL*MAN	2	64	0.63	0.5343

Cuadro A6. Prueba LSMEANS para identificar diferencias entre tratamientos e interacciones para la variable KMSHA en el muestreo 2.

Effect	CUL	MAN	CUL	MAN	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t	Alpha
CUL	Mu1		To1		300.08	293.97	64	1.02	0.3112	0.05
MAN		Ara		Fert	628.02	360.04	64	1.74	0.0859	0.05
MAN		Ara		Sin	878.44	360.04	64	2.44	0.0175	0.05
MAN		Fert		Sin	250.41	360.04	64	0.70	0.4892	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	Mu1	Fert	972.96	509.18	64	1.91	0.0605	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	Mu1	Sin	866.98	509.18	64	1.70	0.0935	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	To1	Ara	522.40	509.18	64	1.03	0.3088	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	To1	Fert	805.49	509.18	64	1.58	0.1186	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	To1	Sin	1412.30	509.18	64	2.77	0.0073	0.05
CUL*MAN	Mu1	Fert	Mu1	Sin	-105.98	509.18	64	-0.21	0.8358	0.05
CUL*MAN	Mu1	Fert	To1	Ara	-450.56	509.18	64	-0.88	0.3795	0.05
CUL*MAN	Mu1	Fert	To1	Fert	-167.47	509.18	64	-0.33	0.7433	0.05
CUL*MAN	Mu1	Fert	To1	Sin	439.34	509.18	64	0.86	0.3914	0.05
CUL*MAN	Mu1	Sin	To1	Ara	-344.58	509.18	64	-0.68	0.5010	0.05
CUL*MAN	Mu1	Sin	To1	Fert	-61.4901	509.18	64	-0.12	0.9043	0.05
CUL*MAN	Mu1	Sin	To1	Sin	545.32	509.18	64	1.07	0.2882	0.05
CUL*MAN	To1	Ara	To1	Fert	283.09	509.18	64	0.56	0.5802	0.05
CUL*MAN	To1	Ara	To1	Sin	889.90	509.18	64	1.75	0.0853	0.05
CUL*MAN	To1	Fert	To1	Sin	606.81	509.18	64	1.19	0.2378	0.05

Cuadro A7. Análisis de Varianza para la variable KMSHA en el muestreo 3.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
CUL	1	2	1.10	0.4043
MAN	2	62	0.54	0.5830
CUL*MAN	2	62	0.48	0.6207

Cuadro A8. Análisis de Varianza para la variable KMSHA en el muestreo 4.

Efecto	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
CUL	1	2	0.19	0.7035
MAN	2	62	6.74	0.0022
CUL*MAN	2	62	0.80	0.4529

Cuadro A9. Prueba LSMEANS para identificar diferencias entre tratamientos e interacciones para la variable KMSHA en el muestreo 4.

Effect	CUL	MAN	CUL	MAN	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t	Alpha
CUL	Mu1		To1		-173.71	395.67	2	-0.44	0.7035	0.05
MAN		Ara		Fert	-307.86	316.92	62	-0.97	0.3351	0.05
MAN		Ara		Sin	817.70	316.92	62	2.58	0.0123	0.05
MAN		Fert		Sin	1125.56	316.92	62	3.55	0.0007	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	Mu1	Fert	-516.58	448.19	62	-1.15	0.2535	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	Mu1	Sin	416.33	448.19	62	0.93	0.3565	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	To1	Ara	-580.44	538.96	6.73	-1.08	0.3186	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	To1	Fert	-679.57	538.96	6.73	-1.26	0.2493	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	To1	Sin	638.64	538.96	6.73	1.18	0.2762	0.05
CUL*MAN	Mu1	Fert	Mu1	Sin	932.91	448.19	62	2.08	0.0415	0.05
CUL*MAN	Mu1	Fert	To1	Ara	-63.8583	538.96	6.73	-0.12	0.9091	0.05
CUL*MAN	Mu1	Fert	To1	Fert	-162.99	538.96	6.73	-0.30	0.7715	0.05
CUL*MAN	Mu1	Fert	To1	Sin	1155.22	538.96	6.73	2.14	0.0709	0.05
CUL*MAN	Mu1	Sin	To1	Ara	-996.77	538.96	6.73	-1.85	0.1086	0.05
CUL*MAN	Mu1	Sin	To1	Fert	-1095.90	538.96	6.73	-2.03	0.0832	0.05
CUL*MAN	Mu1	Sin	To1	Sin	222.31	538.96	6.73	0.41	0.6928	0.05
CUL*MAN	To1	Ara	To1	Fert	-99.1331	448.19	62	-0.22	0.8257	0.05
CUL*MAN	To1	Ara	To1	Sin	1219.08	448.19	62	2.72	0.0085	0.05
CUL*MAN	To1	Fert	To1	Sin	1318.21	448.19	62	2.94	0.0046	0.05

Cuadro A10. Análisis de Varianza para la variable KMSHA en el muestreo 5.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
CUL	1	2	0.00	0.9679
MAN	2	62	1.31	0.2775
CUL*MAN	2	62	0.50	0.6114

Cuadro A11. Análisis de Varianza para la variable KMSHA en el muestreo 6.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
CUL	1	64	4.86	0.0311
MAN	2	64	4.91	0.0104
CUL*MAN	2	64	0.62	0.5398

Cuadro A12. Prueba LSMEANS para identificar diferencias entre tratamientos e interacciones para la variable KMSHA en el muestreo 6.

Effect	CUL	MAN	CUL	MAN	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t	Alpha
CUL	Mu1		Tol		-749.47	340.08	64	-2.20	0.0311	0.05
MAN		Ara		Fert	-850.59	416.51	64	-2.04	0.0453	0.05
MAN		Ara		Sin	431.74	416.51	64	1.04	0.3038	0.05
MAN		Fert		Sin	1282.33	416.51	64	3.08	0.0031	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	Mu1	Fert	-1262.37	589.04	64	-2.14	0.0359	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	Mu1	Sin	412.50	589.04	64	0.70	0.4863	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	Tol	Ara	-1036.81	589.04	64	-1.76	0.0832	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	Tol	Fert	-1475.63	589.04	64	-2.51	0.0148	0.05
CUL*MAN	Mu1	Ara	Tol	Sin	-585.83	589.04	64	-0.99	0.3237	0.05
CUL*MAN	Mu1	Fert	Mu1	Sin	1674.86	589.04	64	2.84	0.0060	0.05
CUL*MAN	Mu1	Fert	Tol	Ara	225.55	589.04	64	0.38	0.7031	0.05
CUL*MAN	Mu1	Fert	Tol	Fert	-213.26	589.04	64	-0.36	0.7185	0.05
CUL*MAN	Mu1	Fert	Tol	Sin	676.53	589.04	64	1.15	0.2550	0.05
CUL*MAN	Mu1	Sin	Tol	Ara	-1449.31	589.04	64	-2.46	0.0166	0.05
CUL*MAN	Mu1	Sin	Tol	Fert	-1888.13	589.04	64	-3.21	0.0021	0.05
CUL*MAN	Mu1	Sin	Tol	Sin	-998.33	589.04	64	-1.69	0.0950	0.05
CUL*MAN	Tol	Ara	Tol	Fert	-438.81	589.04	64	-0.74	0.4590	0.05
CUL*MAN	Tol	Ara	Tol	Sin	450.98	589.04	64	0.77	0.4467	0.05
CUL*MAN	Tol	Fert	Tol	Sin	889.79	589.04	64	1.51	0.1358	0.05

Cuadro A13. Análisis de Varianza para la variable KMSKN para todos los muestreos.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Cultiva	1	4	0.04	0.8471
Muest	5	20	1.28	0.3132
Muest*Cultiva	5	20	0.69	0.6355

Cuadro A14. Análisis de Varianza para la variable KMSKN en el muestreo 1.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Cultiva	1	4	0.83	0.4140

Cuadro A15. Análisis de Varianza para la variable KMSKN en el muestreo 2.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Cultiva	1	4	1.41	0.3000

Cuadro A16. Análisis de Varianza para la variable KMSKN en el muestreo 3.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Cultiva	1	4	0.40	0.5608

Cuadro A17. Análisis de Varianza para la variable KMSKN en el muestreo 4.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Cultiva	1	2	0.29	0.6467

Cuadro A18. Análisis de Varianza para la variable KMSKN en el muestreo 5.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Cultiva	1	2	0.09	0.7876

Cuadro A19. Análisis de Varianza para la variable KMSKN en el muestreo 6.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Cultiva	1	2	2.38	0.2626

Cuadro A20. Análisis de Varianza para la variable composición botánica en el muestreo 2.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Cultiva	1	2	0.97	0.4288
Manejo	2	8	0.50	0.6227
Cultiva*Manejo	2	8	0.07	0.9333

Cuadro A21. Análisis de Varianza para la variable composición botánica en el muestreo 3.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Cultiva	1	2	4.22	0.1764
Manejo	2	8	2.03	0.1933
Cultiva*Manejo	2	8	1.07	0.3888

Cuadro A22. Análisis de Varianza para la variable composición botánica en todos los muestreos.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Muestreo	2	24	13.54	0.0001
Cultiva	1	2	2.97	0.2270
Manejo	2	8	0.52	0.6107

Cultiva*Manejo	2	8	0.35	0.7152
Muestreo*Cultiva	2	24	1.16	0.3298
Muestreo*Manejo	4	24	1.22	0.3291
Muestr*Cultiv*Manejo	4	24	0.47	0.7606

Cuadro A23. Prueba de medias de “Muestreo” (LSMEANS) para la variable composición botánica.

Effect	Muestreo	Muestreo	t Value	Pr >  t
Muestreo	1	2	4.07	0.0004
Muestreo	1	3	4.84	<.0001
Muestreo	2	3	0.77	0.4490