

FECHA DE ADQUISICIÓN \_\_\_\_\_  
NUM. DE INVENTARIO 00139  
PROCEDENCIA \_\_\_\_\_  
NUM. CALIFICACIÓN \_\_\_\_\_  
PRECIO \_\_\_\_\_  
DIST. \_\_\_\_\_



TL00139

SB193  
.M66  
2006  
TESIS LAG  
Ej.2

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS**



**RESPUESTA DE CULTIVOS FORRAJEROS ALTERNATIVOS  
ESTABLECIDOS EN UNICULTIVO Y EN ASOCIACION  
DURANTE EL CICLO DE VERANO EN LA COMARCA  
LAGUNERA**

**POR:**

**ANSELMO ROBERTO MONTAÑO FERNANDEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREON, COAHUILA.**

**FEBRERO DEL 2006**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARARIA " ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"RESPUESTA DE CULTIVOS FORRAJEROS ALTERNATIVOS ESTABLECIDOS EN UNICULTIVO Y EN ASOCIACIÓN DURANTE EL CICLO DE VERANO EN LA COMARCA LAGUNERA"

TESIS PRESENTADA  
POR

ANSELMO ROBERTO MONTAÑO FERNANDEZ

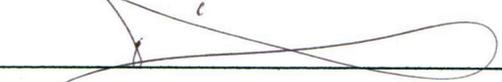
Elaborada bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presidente:

  
Dr. Arturo Palomo Gil

Vocal:

  
Dr. David Guadalupe Reta Sánchez

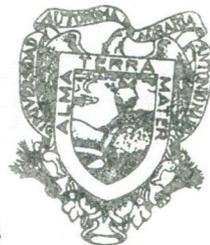
Vocal:

  
Dr. Armando Espinosa Banda

Vocal suplente:

  
M.C. Jesús Santamaría César

  
M.C. José Jaime Lozano García  
Coordinación de la división de carreras agronómicas



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila

Febrero 2006

00139

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARARIA " ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"RESPUESTA DE CULTIVOS FORRAJEROS ALTERNATIVOS ESTABLECIDOS EN  
UNICULTIVO Y EN ASOCIACIÓN DURANTE EL CICLO DE VERANO EN LA  
COMARCA LAGUNERA"

TESIS PRESENTADA  
POR

ANSELMO ROBERTO MONTAÑO FERNANDEZ

Elaborada bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobada como  
requisito parcial para obtener el titulo de:

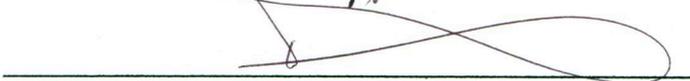
INGENIERO AGRÓNOMO

JURADO

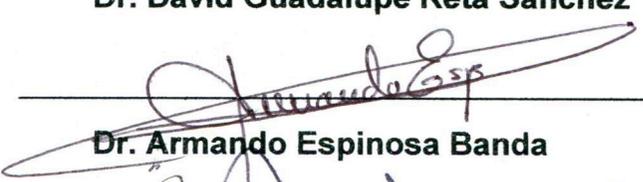
Presidente:

  
Dr. Arturo Palomo Gil

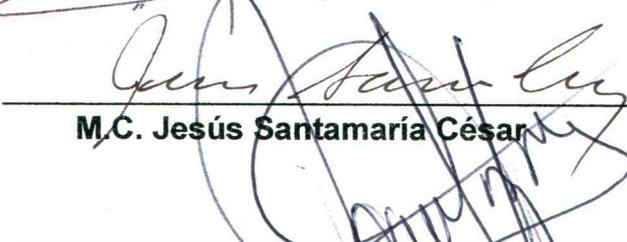
Vocal:

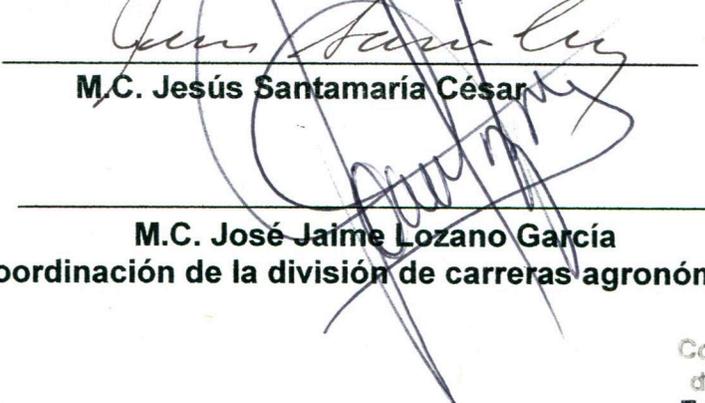
  
Dr. David Guadalupe Reta Sánchez

Vocal:

  
Dr. Armando Espinosa Banda

Vocal suplente:

  
M.C. Jesús Santamaría César

  
M.C. José Jaime Lozano García  
Coordinación de la división de carreras agronómicas



Torreón, Coahuila

Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas  
Febrero 2006

# CONTENIDO

	Páginas
DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE.....	v
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Forraje.....	4
2.2. Calidad de forraje.....	4
2.2.1. Contenido de proteína cruda (PC).....	4
2.2.2. Fibra detergente neutro (FDN).....	5
2.2.3. Fibra detergente ácido (FDA).....	5
2.3. Características de cultivos tradicionales.....	5
2.4. Características de cultivos alternativos.....	7
2.4.1. Kenaf ( <i>Hibiscus cannabinus</i> L.).....	7
2.4.2. Soya ( <i>Glycine max</i> (L.) Merr.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera.....	18
3.2. Caracterización del clima.....	18
3.3. Localización del área experimental.....	19
3.4. Tratamientos.....	19
3.5. Diseño experimental.....	19
3.6. Parcela experimental.....	20
3.7. Manejo agronómico del experimento.....	20
3.7.1. Preparación del terreno.....	20
3.7.2. Fertilización.....	20
3.7.3. Riegos.....	21

	Páginas
3.7.4. Labores de cultivo.....	21
3.7.5. Control de plagas.....	21
3.7.6. Cosechas.....	21
3.8. Medición de variables.....	22
3.9. Análisis estadísticos.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1. Rendimiento de materia seca en la primera cosecha (74 dds).....	23
4.2. Calidad de forraje en la primera cosecha (74 dds).....	26
4.3. Rendimiento de materia seca en la segunda cosecha (106 dds).....	29
4.4. Calidad de forraje en la segunda cosecha (106 dds).....	32
4.5. Efecto de la competencia entre plantas en las asociaciones de cultivos en la cosecha 1 (74 dds) y cosecha 2 (106 dds).....	35
V. CONCLUSIONES.....	39
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	40
VII. APÉNDICE DE CUADROS.....	48

## DEDICATORIAS

A **Dios** por tenerme con vida, darme el privilegio de ser llamado su hijo y por darme la oportunidad de seguir en esta tierra sin merecerlo, ya que me apuesto en el camino de la verdad y poder compartir su palabra.

Así mismo te suplico que sigas conmigo y que no me abandones para seguir en tu obra para aportar con un granito de arena para mejorar las condiciones humanas asumiendo mi papel como ingeniero agrónomo.

A **mis padres ANSELMO MONTAÑO CASTILLEJOS Y MARIA OLGA FERNANDEZ GOMEZ** por darme la vida y por que en todo momento he contado con sus apoyo tanto espiritual, moral y económicamente, en los momentos mas críticos quitándose de la boca el pan con tal de que su hijo (Anselmo) siguiera adelante y terminara una carrera anhelada por toda la familia.

A **mis hermanos PABLO, SERGIO Y BIATRIS**, que siempre me brindaron su apoyo y cariño para seguir en mis estudios y alcanzar la meta.

A **mis padrinos Beatriz y Bitorugo** por brindarme su cariño y que hicieron un gran esfuerzo para asistir en mi graduación.

A **mis Tíos y Primos** que siempre me apoyaron moralmente y que esperan con alegría ver a un ingeniero Agrónomo.

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la oportunidad de vivir una experiencia nueva y terminar un objetivo planteado con mucho amor y dedicación.

A **México** por enseñarme los valores como ciudadano mexicano y darme la facilidad para terminar mis estudios en una universidad.

A **mi Alma Mater** por permitirme escalar un peldaño mas en la vida y por ayudarme económicamente en dicha universidad (**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna**).

Al **campo Experimental la Laguna** y al **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CELALA – INIFAP)**. Por la oportunidad de realizar mi trabajo dentro de sus instalaciones.

A **la SAGARPA-CONACYT-COFUPRO, Fundaciones Produce Coahuila y Durango, A.C.**, por el apoyo económico al proyecto denominado “Identificación de nuevos cultivos y sistemas de producción de forraje con alta eficiencia en el uso del agua para bovino de leche estabulado en la Comarca Lagunera”, del cual se derivó esta investigación.

Al **Dr. DAVID GUADALUPE RETA SANCHEZ** por haber depositado su confianza en mi para realizar este trabajo, por brindarme su amistad, compartir conmigo un poco de sus conocimientos, asesorarme en la realización del trabajo para llegar a buenos resultados.

**Al Dr. Arturo Palomo Gil** por su contribución en este proyecto y ayudarme a salir adelante con este trabajo y ser el representante en mi alma mater.

**Al Dr. Armando Espinosa Banda** por colaborar en partes con este trabajo y fungir como vocal en la presentación de mi examen profesional.

**Al Ms. Jesús Santamaría.** Por colaborar en la revisión del trabajo.

**A todos los ingenieros** que pusieron un granito de arena, para formarme profesionalmente, ser un hombre de provecho y tener el conocimiento necesario para poder aportar en el trabajo.

**A mi departamento de Fitomejoramiento** que me brindo el apoyo en los momentos críticos y necesarios.

**A mis compañeros de grupo Marcela, Jorge, Melo, Oton, Luis, Pablo, Didier, Sarel,** que siempre tuvimos buenos momentos y siempre me dieron su amistad incondicional.

De igual manera gracias a todas a aquellas personas que de una manera u otra intervinieron en la realización de mi trabajo de tesis, en mi formación profesional y como persona ante la sociedad.

## INDICE DE CUADROS

Páginas

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca de cinco cultivos forrajeros y la aportación de rendimiento por especie a las asociaciones entre cultivos en la cosecha realizada a los 74 días después de la siembra durante el ciclo de verano de 2004 en la Comarca Lagunera.....	25
Cuadro 2. Calidad de forraje de cinco cultivos forrajeros establecidos en unicultivo y en asociación en la cosecha realizada a los 74 días después de la siembra durante el ciclo de verano de 2004 en la Comarca Lagunera.....	28
Cuadro 3 . Rendimiento de materia seca de cinco cultivos forrajeros y la aportación de rendimiento por especie a las asociaciones entre cultivos en la cosecha realizada a los 106 días después de la siembra durante el ciclo de verano de 2004 en la Comarca	31
Cuadro 4. Calidad de forraje de cinco cultivos forrajeros establecidos en unicultivo y en asociación en la cosecha realizada a los 106 días después de la siembra durante el ciclo de verano de 2004 en la Comarca Lagunera.....	34
Cuadro 5. Rendimiento y distribución de materia seca en los órganos del vástago en la cosecha realizada a los 74 dds durante el ciclo de verano de 2004 en la Comarca Lagunera.....	37
Cuadro 6. Rendimiento y distribución de materia seca en los órganos del vástago en la cosecha realizada a los 106 dds durante el ciclo de verano de 2004 en la Comarca Lagunera.....	38

## INDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Páginas

Cuadro A1. Análisis de varianza de rendimiento de materia seca de la cosecha 1	46
Cuadro A2. Análisis de varianza de calidad de proteína cruda en la cosecha 1	46
Cuadro A3. Análisis de varianza de fibra detergente neutro en la cosecha 1	46
Cuadro A4. Análisis de varianza de fibra detergente ácida en la cosecha 1	46
Cuadro A5. Análisis de varianza de rendimiento de materia seca de la cosecha 2	47
Cuadro A6. Análisis de varianza de calidad de proteína cruda en la cosecha 2	47
Cuadro A7. Análisis de varianza de fibra detergente neutro en la cosecha 2.	47
Cuadro A8: Análisis de varianza de fibra detergente acida en la cosecha 2	47
Cuadro A9. Comparación por contrastes del rendimiento de materia seca <sup>†</sup> de cultivos establecidos solos y en asociación.	48
Cuadro A10. Comparación por contrastes de la acumulación de materia seca en el tallo de cultivos establecidos solos y en asociación.	48
Cuadro A11. Comparación por contrastes de la acumulación de materia seca en la hoja de cultivos establecidos solos y en asociación.	49
Cuadro A12. Comparación por contrastes de la acumulación de materia seca en los órganos reproductivos de cultivos establecidos solos y en asociación.	49

Cuadro A13. Comparación por contrastes del rendimiento de materia seca <sup>†</sup> de cultivos establecidos solos y en asociación.	50
Cuadro A14. Comparación por contrastes de la acumulación de materia seca en el tallo de cultivos establecidos solos y en asociación.	50
Cuadro A15. Comparación por contrastes de la acumulación de materia seca en la hoja de cultivos establecidos solos y en asociación.	51
Cuadro A16. Comparación por contrastes de la acumulación de materia seca en los órganos reproductivos de cultivos establecidos solos y en asociación.	51

## RESUMEN

En la Comarca Lagunera, la limitación y alto costo del agua de riego, la creciente degradación de suelos y agua debido a problemas de salinidad y las altas temperaturas durante el ciclo de verano reducen la productividad y rentabilidad de sistemas de producción agropecuarios. Debido a estos factores es importante buscar nuevas alternativas con cultivos mejor adaptados a las condiciones ambientales y sistemas de producción de la región, manteniendo o incrementando el rendimiento y la calidad del forraje.

Dos cultivos alternativos que han mostrado buen potencial de uso forrajero son la soya (*Glycine max* L.) y el kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). El kenaf presenta características importantes como un alto contenido de proteína cruda, tolerancia a la salinidad y periodos de sequía, y además produce sus mayores rendimientos en regiones con altas temperaturas. La soya puede ser cultivada para su uso como forraje con alto contenido de proteína en forma de pastoreo, henificado o ensilado. En tres o cuatro meses después de la siembra, la soya produce heno de similar calidad que la alfalfa. Los objetivos de este trabajo fueron determinar el potencial de rendimiento y calidad de forraje de los cultivos alternativos soya y kenaf en relación a cultivos forrajeros tradicionales (maíz, sorgo nevadura café y sudan x sorgo nevadura café) durante el verano en la Comarca Lagunera, así como evaluar el potencial de rendimiento y calidad de forraje de asociaciones en bandas de cultivos alternativos (soya y kenaf) con cultivos tradicionales.

El experimento se realizó en el Campo Experimental La Laguna (INIFAP) localizado en Matamoros, Coah. (25° 31' N y 103° 14' O, y 1121 msnm). Se evaluaron los cultivos alternativos kenaf variedad "Tainung 2" y soya variedad "Huasteca 200". Como testigos se evaluaron el híbrido de maíz 3025 W (Pioneer), sorgo x sudan nevadura café "Esmeralda Verde" (ABT) y sorgo nevadura café "Silo Master BMB 100 (ABT). Los cultivos se evaluaron en unicultivo y en asociaciones en bandas de cuatro surcos de 0.50 m entre soya y kenaf con cultivos alternativos tradicionales, así como la asociación en surcos alternos entre maíz y sorgo nevadura café. Se realizaron dos cosechas, la primera a los 74 días después de la siembra (dds) y la segunda a los 106 dds. En cada parcela experimental se determinó el rendimiento de materia seca, distribución de materia seca en los órganos del vástago y la calidad de forraje en

términos de proteína cruda (PC) y fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN).

El rendimiento de material seca de kenaf en la primera (74 dds) y segunda edad (106 dds) de cosecha fue de 6034 y 10869 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente; mientras que en soya se obtuvo 4670 kg ha<sup>-1</sup> en la primera cosecha y 5654 kg ha<sup>-1</sup> en la segunda. Estos niveles de rendimiento de kenaf y soya fueron significativamente menores a los rendimientos de materia seca de cultivos tradicionales como maíz, sudan x sorgo nervadura café y sorgo nervadura café. El rendimiento de materia seca en estos cultivos fue entre 10839 y 11787 kg ha<sup>-1</sup> en la primera cosecha; mientras que en la segunda fue de 8830 a 16380 kg ha<sup>-1</sup>.

La mejor calidad de forraje se obtuvo en soya con un alto contenido de PC (17.8-18.2 %) y los menores valores de FDA (36.8-42.8 %) y FDN (42.8-45.8 %) respecto a los otros cultivos. La calidad de forraje de kenaf en términos de PC (9.8-14.0 %) y FDN (54.2-61.5 %) fue superior al forraje de cultivos tradicionales en las dos edades de cosecha, aunque en la segunda cosecha el contenido de PC disminuyó hasta 9.8 %, debido a una mayor asignación de materia seca al tallo y órganos reproductivos.

En las dos edades de cosecha, los rendimientos de materia seca de las asociaciones de kenaf y soya con cultivos tradicionales fueron significativamente menores entre 14 y 35 % respecto al rendimiento de cultivos tradicionales sembrados solos. Sin embargo, la calidad de forraje en las asociaciones mejoró significativamente respecto a cultivos tradicionales en unicultivo. Los principales efectos en las asociaciones sobre la calidad de forraje fue un incremento de PC entre 1.6 y 1.9 %, y la disminución de valores de FDN entre 9 y 25 %. En la asociación en surcos alternos entre maíz y sorgo nervadura café, la calidad de forraje fue mayor que en maíz debido a una disminución de FDN en 14.5 unidades porcentuales, aunque el rendimiento de materia seca se redujo en 12 %.

## I. INTRODUCCIÓN

En la Comarca Lagunera, los principales factores que reducen la productividad y rentabilidad de sistemas de producción agropecuarios son la limitación y alto costo del agua de riego, así como la creciente degradación de suelos y agua debido a problemas de salinidad. Además los sistemas de producción agrícolas están basados en un número limitado de cultivos, lo cual provoca problemas de comercialización, incremento de plagas y enfermedades, reducción de rendimiento por condiciones ambientales adversas y una creciente necesidad de subsidios.

En los sistemas de producción actuales en la Comarca Lagunera, están involucrados alrededor de 21 cultivos sobresaliendo en superficie los cultivos forrajeros (71000 ha) como alfalfa, maíz, sorgo y cereales de invierno. En el resto de la superficie (58,000 ha) se establecen cultivos básicos, hortalizas y frutales (El Siglo de Torreón 2002). En general, se puede decir que en la región se cultivan especies con moderado a alto nivel de consumo de agua, y poca tolerancia a los niveles de salinidad existente. De hecho, el cultivo de alfalfa que ocupa el 29 % de la superficie total sembrada, requiere una lámina de agua de 188 cm, y alcanza un nivel de eficiencia en el uso del agua de 1.07 kg de materia seca por metro cúbico de agua (Moreno et al., 2000), mientras que el maíz forrajero alcanza un valor de 2.7 kg de materia seca por metro cúbico de agua (Faz et al., 1998).

En la Comarca Lagunera los sistemas de producción actualmente en uso no tienen una sustentabilidad a mediano y largo plazo, debido a que no hay alternativas para aumentar el volumen de agua para uso agrícola y la creciente degradación del suelo. A nivel general, es necesario disminuir en un 40 % el consumo del agua para equilibrar el balance hidrológico actual (Sánchez et al., 1998). Por lo tanto, es indispensable identificar nuevas alternativas de cultivos para incrementar la eficiencia del uso del agua y del suelo. A nivel internacional se están generando nuevas alternativas de cultivos para sistemas de producción que incluyen forrajeros industriales, hortícolas, ornamentales y medicinales. Se han estudiado alternativas de cultivos forrajeros para diversificar en mayor grado las raciones alimenticias del ganado y sistemas de producción agropecuarios donde se incluyen cultivos como soya (Brown,

1999), kenaf (Reta et al., 2005); sorgo x sudan nevadura café (Nuñez y Cantú, 2001); y maíz para ensilaje (Faz et al., 1998).

La eficiencia de producción de forraje para ganado bovino de leche puede incrementarse aprovechando características agronómicas favorables para este objetivo que muestran diversos cultivos alternativos. Adicionalmente, frecuentemente se usan sistemas de producción que involucran la mezcla de varias especies de cultivos, que puede incrementar la producción de materia seca y calidad del forraje, contribuir en la fijación de nitrógeno atmosférico o bien que pueden ser usados como forrajes de emergencia. De hecho, la siembra continua de un cultivo como maíz generalmente propicia una disminución en la fertilidad del suelo, incremento en enfermedades, un mayor ataque de plagas, crecientes requerimientos de fertilizantes inorgánicos y reducciones en el rendimiento. El intercalado de franjas de varias especies como maíz o canola adyacentes a soya puede reducir los efectos negativos de un sistema de producción en unicultivo (Kingsley et al., 1998).

## **1.1. Objetivos**

Determinar el potencial de rendimiento y calidad de forraje de los cultivos alternativos soya y kenaf en relación a cultivos forrajeros tradicionales (maíz, sorgo nevadura café y sudan x sorgo nevadura café) durante el verano en la Comarca Lagunera.

Evaluar el potencial de rendimiento y calidad de forraje de asociaciones en bandas de los cultivos alternativos soya y kenaf con los cultivos tradicionales maíz, sorgo nevadura café y sudan x sorgo nevadura café.

## **1.2. Hipótesis**

El rendimiento y calidad de forraje de soya y kenaf como cultivos alternativos son mayores que los producidos por cultivos tradicionales, tales como maíz, sorgo nevadura café y sudan x sorgo nevadura café.

El rendimiento y calidad de forraje de las asociaciones de kenaf y soya con cultivos tradicionales (maíz, sorgo nevadura café y sudan x sorgo nevadura café) son mayores que los producidos por los cultivos tradicionales en unicultivo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Forraje

Los forrajes representan un recurso alimenticio importante en la economía mundial, particularmente como alimento para animales rumiantes que pueden convertir eficientemente carbohidratos fibrosos y fuentes de nitrógeno de baja calidad en carne, leche y lana. El término forraje se refiere a las plantas o partes de plantas dadas como alimento al ganado como pastoreo o cortado para animales estabulados (Van Soest, 1985).

La composición de los forrajes puede ser dividida en dos clases, aquella llamada contenido celular, que incluye proteínas, azúcares, almidón y ácidos orgánicos, la cual es altamente digestible. La otra fracción, que constituye la mayor parte del forraje es la pared celular o parte fibrosa (Van Soest, 1985).

### 2.2. Calidad de forraje

La calidad o valor nutricional de un forraje puede ser definida como su habilidad para sostener un cierto nivel de desempeño animal. La calidad del forraje es determinado por su composición química.

Para la evaluación de la calidad del forraje, Van Soest (1967) propuso un método químico para evaluar el contenido de la pared celular de los forrajes. En este método se determina la fibra detergente neutro (FDN), como una estimación del total de constituyentes de la pared celular de forrajes, que incluyen celulosa, hemicelulosa y lignina. También en el método se determina la fibra detergente ácido, como una fase preparatoria para la determinación de lignina.

#### 2.2.1. Contenido de proteína cruda (PC)

La proteína es la fuente de aminoácidos y nitrógeno en el alimento y se requiere para el crecimiento del animal y producción de leche. La proteína también se necesita para las bacterias del rumen, que digieren muchos de los alimentos de los rumiantes (Rayburn, 1996).

### **2.2.2 Fibra detergente neutro (FDN)**

El valor de FDN está constituido por todos los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice). El valor de FDN es muy importante en la formulación de raciones ya que este refleja la cantidad de forraje que el animal puede consumir. Esto significa que a medida que el valor de FDN se incrementa, el consumo de materia seca generalmente decrece.

### **2.2.3. Fibra detergente ácido (FDA)**

El valor de FDA esta constituido por la proporción del forraje cuyos componentes son celulosa y lignina. Este valor es importante porque refleja la habilidad de un animal para digerir el forraje. Conforme el valor de FDA se incrementa, la digestibilidad de un forraje usualmente decrece.

Los productores tienen diferentes razones para mostrar interés en cultivos alternativos. Una de estas razones es el uso de un forraje de emergencia cuando la producción de forrajes perennes falla. Otra razón es tener una alternativa a largo plazo para la alfalfa, maíz y sorgo. En todo caso, desde el punto de vista de calidad de forraje y producción de materia seca la alfalfa, maíz y sorgo siguen siendo las mejores opciones para forraje. Sin embargo factores como limitación de agua, enfermedades y altas temperaturas durante el verano obligan a buscar cultivos alternativos que permitan una mayor diversificación de los sistemas de producción agropecuarios.

## **2.3. Características de cultivos tradicionales**

En la Comarca Lagunera la producción de leche de ganado bovino es una de las principales actividades económicas, lo cual demanda la producción de una gran cantidad de forraje de buena calidad. En 2004 se sembraron en la región 89,076 ha de cultivos forrajeros, entre los cuales el maíz ocupó el segundo lugar en importancia con 26,539 ha y un rendimiento promedio de  $49 \text{ t ha}^{-1}$  de forraje verde ( $17 \text{ t ha}^{-1}$  de forraje seco). El ensilaje de maíz es un componente importante en las raciones del ganado bovino lechero, ya que es un forraje de alto rendimiento energético (Goodrich y Meiske, 1985). En la Comarca Lagunera los rendimientos de materia seca en maíz son más

altos en primavera que en verano. Reta et al. (2002) consignan rendimientos de hasta 25 t ha<sup>-1</sup> de materia seca en primavera, mientras que en verano Nuñez et al. (2001) indican que la producción de materia seca del maíz oscila entre 14.5 y 15.4 t ha<sup>-1</sup>.

El ensilaje de maíz y sorgo se caracteriza por su alto contenido de energía digestible. El forraje de maíz ensilado contiene en base a materia seca, un promedio de proteína cruda de 8.3 %, 69 % de total de nutrientes digestibles, y alcanza valores de digestibilidad *in vitro* de 69 a 71 % dependiendo de la fase de cosecha y condiciones ambientales (Goodrich y Meiske, 1985). En maíz para ensilaje con un alto porcentaje de mazorca (54 %) se obtienen valores de FDN menores de 48 %, lo cual lo clasifica como un forraje de buena calidad (Nuñez et al., 1998). Sin embargo, se puede encontrar variabilidad en valores de FDN (40 a 68 %) de acuerdo a diferentes factores como genotipo, edad de corte, manejo agronómico (Nuñez et al., 1998; Reta et al., 2000; Reta et al., 2002).

Otros cultivos que están incluidos actualmente en los sistemas de producción agropecuarios de la Comarca Lagunera son el sorgo x sudan (*Sorghum bicolor* (L.) Moench x *sorghum sudanense*) y el sorgo nervadura café [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.]. El sorgo x sudan es una especie de clima cálido con rendimientos que pueden superar 20 t ha<sup>-1</sup> en cuatro o cinco cortes (Farias y Winch, 1987). En plantas mutantes sorgo x sudan con la característica de nervadura café, la digestibilidad es mayor en comparación a las plantas normales (Cherney et al., 1991 b), sin embargo la producción de forraje es menor (Cherney et al., 1991a). En la Comarca Lagunera, Nuñez y Cantú (2001) encontraron en sorgo x sudan nervadura café valores de digestibilidad *in vitro* de 70 %, con un rendimiento de materia seca de 12.5 a 15.5 t ha<sup>-1</sup>, el cual fue inferior al testigo entre 12.5 y 13.6 %. Los valores de FDN encontrados fueron de 67.5 %, los cuales fueron similares a los resultados obtenidos por Salcedo (1997), con valores de FDN de 65.2 a 69.5 %. Los genotipos de sorgos mutantes de nervadura café (bmr) usualmente contienen menor lignina que los genotipos normales (Cherney et al., 1991), lo cual permite obtener forraje con mayor digestibilidad, aunque el rendimiento de materia seca puede ser menor que los genotipos normales (Oliver et al., 2005).

## 2.4. Características de cultivos alternativos

Dos cultivos alternativos que han mostrado en diferentes estudios buen potencial de uso forrajero son la soya (*Glycine max* L.) y el kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). El kenaf como cultivo forrajero presenta características importantes como un alto contenido de proteína cruda, tolerancia a la salinidad y periodos de sequía, y además produce sus mayores rendimientos en regiones con altas temperaturas (Webber, 1996). La soya puede ser cultivada para su uso como forraje con alto contenido de proteína en forma de pastoreo, henificado o ensilado. En tres o cuatro meses después de la siembra, la soya produce heno de similar calidad que la alfalfa (Brown, 1999).

### 2.4.1. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)

#### Clasificación científica.

Reino: Plantae  
División: Magnoliophyta  
Clase: Magnoliopsida  
Orden: Malvales  
Familia: Malvaceae  
Género: Hibiscus  
Especie: Cannabinus

#### Origen.

El kenaf es originario de África Central-Este, donde ha sido cultivado por miles de años como alimento y cultivo de fibra. Esta planta es común como planta silvestre tropical y subtropical en África y Asia (LeMahieu et al., 1991).

#### Zona ecológica.

El kenaf tiene un más amplio rango de climas y suelos que otros cultivos de fibra de uso comercial. Los mayores rendimientos de kenaf se obtienen en regiones con altas temperaturas, estaciones de crecimiento largas y abundante humedad en el suelo (LeMahieu et al., 1991). Sin embargo, dada su raíz pivotante profunda y ramificada presenta tolerancia moderada a déficit de humedad (Webber et al., 2002). Además, el kenaf presenta moderada tolerancia a la salinidad (Bhangoo, et al., 1994). Con la

excepción de algunos genotipos desarrollados para las regiones asiáticas de la Unión Soviética, la mayor parte de las variedades de kenaf actuales y las tecnologías disponibles se adaptan mejor en latitudes entre 37° norte y 37° sur (Taylor, 1995).

### **Ciclo.**

El kenaf es una planta anual de estación cálida, que está relacionada a cultivos como el algodón y la okra. Las plantas alcanzan un altura de 2.4 a 6 m y llegan a la madurez en alrededor de 150 días (Sullivan, 2003).

### **Uso.**

*Aunque el kenaf se ha cultivado tradicionalmente para obtener fibra (Taylor and Kugler, 1992), también ha sido utilizado con alimento para animales rumiantes (Swingle et al., 1978; Wildeus et al., 1995). El desarrollo de genotipos de kenaf sensibles al fotoperiodo ha permitido que en zonas templadas el desarrollo vegetativo se prolongue y por lo tanto pueda ser usado como cultivo forrajero (Webber, 1996). Otra característica importante del kenaf para su uso como forraje es su capacidad de rebrote, lo cual le permite tener múltiples cosechas bajo condiciones favorables de humedad (Webber, 1996).*

### **Variedades .**

Actualmente, las principales variedades comerciales son: Everglades 41, Everglades 71, Tainung 1, Tainung 2, y Cuba 2032, las cuales son genotipos sensibles al fotoperiodo. La variedad Guatemala 4 (insensible al fotoperiodo) puede ser obtenida en pequeñas cantidades (Taylor, 1995). En Estados Unidos, las variedades más ampliamente usadas son los genotipos Everglades 41 y Everglades 71, las cuales son resistentes a antracnosis (LeMahieu et al., 1991). El genotipo Tainung 2, en evaluaciones realizadas de 1993 a 1997, ha superado en rendimiento de tallo a otros cultivares. También se ha desarrollado el genotipo SF-459, que tiene mayor tolerancia a nemátodos (Webber III. et al., 2002).

## Requerimientos agroecológicos

### Temperatura y fotoperiodo

La temperatura y el fotoperiodo son los factores que regulan la germinación, la floración, y el desarrollo del kenaf. Este cultivo obtiene los mayores rendimientos en regiones con altas temperaturas y es sensible a temperaturas frescas, presentando un crecimiento lento cuando las temperaturas son inferiores a 10 °C (LeMahieu et al., 1991). El mínimo térmico para la germinación de la semilla es de 13 °C, mientras que el óptimo está comprendido entre los 24 y 30°C. Para el desarrollo del ciclo biológico la temperatura mínima necesaria es de 16 °C, mientras que la óptima es de 25 a 28 °C (L'informadores Agrario, 1990).

De acuerdo a la respuesta al fotoperiodo las variedades de kenaf se pueden clasificar como ultra precoces, precoces e intermedias y tardías. Regularmente las variedades intermedias son sensibles al fotoperiodo y favorecen su uso como forraje, cuando el fotoperiodo es mayor a 12.5 horas; mientras que las variedades tardías son insensibles al fotoperiodo (LeMahieu et al., 1991).

### Suelos

El kenaf puede crecer exitosamente en una amplia variedad de tipos de suelos. Aunque este cultivo crece mejor en suelos fértiles bien drenados y valores de pH neutros, puede soportar inundaciones tardías durante el ciclo, baja fertilidad y un amplio rango de valores de pH (Dempsey, 1975).

El kenaf presenta también moderada tolerancia a la salinidad, ya que sólo a partir de valores de conductividad eléctrica superiores a 4.0 dS m<sup>-1</sup> se presentan reducciones significativas en el rendimiento de materia seca (Bhangoo et al., 1993; Bhangoo et al., 2003). Bhangoo et al. (2003) encuentran que el kenaf puede ser producido con 0.8 m de lámina de agua de buena calidad en un suelo salino (10.2 dS m<sup>-1</sup>). Sin embargo el rendimiento de tallo será un 50% más bajo respecto al obtenido en un suelo no salino. Se concluye que suelos con un nivel de salinidad superior a 4.5 dS m<sup>-1</sup> no son convenientes económicamente para la producción de kenaf, aunque se utilice agua de buena calidad.

## **Rendimiento y calidad del forraje**

### **Rendimiento de forraje**

La principal característica del kenaf para su uso forrajero es su contenido de proteína (15-20 %, proteína cruda), lo cual sólo se puede aprovechar si se cosechan plantas inmaduras con alturas de 0.80 a 2.0 m. Estas alturas de planta pueden alcanzarse entre los 50 y 90 días después de la siembra, de acuerdo a las condiciones climáticas durante el crecimiento.

Estudios realizados en Estados Unidos de América indican que el nivel de rendimiento y ciclo de crecimiento son muy variados, de acuerdo al clima, manejo agronómico, edad y número de cosechas. Webber (1993) reportó en Texas un rendimiento promedio de materia seca en dos años de  $4764 \text{ kg ha}^{-1}$ , con una precipitación de 404 mm y una duración de ciclo de 76 días, mientras que con una precipitación de 476 mm y un ciclo de 99 días el rendimiento de materia seca fue de  $7512 \text{ kg ha}^{-1}$ . Muir (2001) en el centro de Texas encontró un incremento de materia seca al aumentar la precipitación durante el ciclo. En este estudio, se produjeron  $2359 \text{ kg ha}^{-1}$  en 90 días durante un año seco, mientras que en un año relativamente húmedo el rendimiento de materia seca fue de  $5064 \text{ kg ha}^{-1}$ . Nielsen (2004) en Akron Colorado encontró que el kenaf en dos cosechas realizadas a los 96 y 152 días después de la siembra produjo rendimientos de materia seca de  $2000 \text{ kg ha}^{-1}$  con 274 mm de agua consumida, mientras que con un consumo de agua de 507 mm el rendimiento de materia seca fue de  $6000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

### **Calidad del forraje**

En algunos estudios se ha demostrado que la cosecha de plantas inmaduras de kenaf pueden ser utilizadas como forraje de buena calidad para ganado bovino, caprino y ovino (Bhardway et al., 1996; Phillips et al., 1996). El contenido de proteína cruda en las hojas de kenaf varía de 14 a 34 % (Killinger, 1969; Suriyajantratong et al., 1973; Swingle et al., 1978; Webber, 1993), en el tallo la proteína cruda alcanza de 2 a 12 % (Swingle et al., 1978; Webber, 1993a), y la planta total contiene de 6 a 23 % de proteína cruda (Killinger, 1969; Swingle et al., 1978; Webber, 1993a).

El contenido de proteína cruda en el forraje de kenaf baja al avanzar la edad del cultivo, por lo que se debe cosechar máximo a una altura de planta de 2 m para obtener el máximo rendimiento de materia seca con un buen contenido de proteína. Philips et al. (1999) encontraron que el contenido de proteína en kenaf decreció con el tiempo de 22.3 % a los 40 días después de la siembra a 15.4 % a 101 días después de la siembra. Estos autores concluyeron que la cosecha de kenaf entre los 70 y 80 días después de la siembra debería optimizar la digestibilidad y la concentración de nitrógeno en los tallos y maximizar la proporción de materia seca de hoja en el forraje total cosechado. Unger (2001) encontró que el contenido de proteína cruda disminuyó de 32.7 % a los 65 días después de la siembra a 19.5 % a los 121 días después de la siembra. En un trabajo realizado en la Comarca Lagunera durante el verano de 2003, la calidad del forraje en la cosecha realizada hasta los 83 días después de la siembra fue muy pobre, por lo que la mejor alternativa es realizar la cosecha a los 48 y 66 dds, con un contenido de proteína de 18.6 a 15.8 % y rendimientos de 3.8 y 6.2 ton/ha de materia seca, respectivamente (Reta et al., 2004).

El forraje de kenaf puede ser ensilado y tiene una digestibilidad satisfactoria con alto porcentaje de proteína digestible (Wing, 1967). La digestibilidad de materia seca varía de 53 a 58 % y la digestibilidad de proteína cruda alcanza valores de 59 a 71 % (Wing, 1967; Suriyajantratong et al., 1973; Swingle et al., 1978). El forraje de kenaf ha sido clasificado en diferentes estudios como de mediana a alta calidad. Phillips et al. (1996) reportaron valores de fibra detergente neutro de 42.9 % y 32.6 % para fibra detergente ácido en forraje de kenaf cosechado a los 80 días después de la siembra. Knowles et al. (1999) encontraron que al cosechar el kenaf a los 75 días después de la siembra y una altura de 76 cm (30 nudos) el forraje contenía 20.7 % de proteína cruda, 40.2 % de fibra ácido detergente, 48.6 % de fibra neutro detergente y 57.6 % de nutrimentos digestibles totales. Estos autores clasifican el forraje de kenaf como bueno para proteína cruda y bajo en fibra ácido detergente, lo cual lo hace adecuado para ganado de carne y ovejas. Posteriormente, Nielsen (2004) encontró en kenaf cosechado en una primera cosecha a los 96 días después de la siembra y el rebrote a los 152 días después de la siembra valores de fibra detergente neutro de 22.9 a 47.8 %,

fibra ácido detergente de 16.8 a 31.4 % y nutrientes digestibles totales de 65.6 a 84 %, los cuales varían con las cantidades de agua consumida.

#### **2.4.2. Soya (*Glycine max* (L.) Merr.**

##### **Clasificación científica**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Glycine*

Especie: *Glycine max* (L.)

Nombre común: Soya

Hábito de crecimiento: Anual

Origen: China (Vavilov, 1951)

**Zona ecológica:** Se encuentra entre los 55° de Latitud Norte a 57° Latitud Sur (Rachie y Roberts; citados por Summerfield y Roberts, 1985). Bien adaptada a Regiones subtropicales y tropicales, cálidas y semicálidas (González, 1984). Se desarrolla bien del nivel del mar a 800 m (Benacchio, 1982). Del nivel del mar a 1,600 m (Ruiz, 1984, citado por Ruiz, et al., 1999).

Prefiere atmósferas moderadamente húmedas o ligeramente secas, ya que es una especie susceptible a enfermedades, sobre todo en zonas tropicales y subtropicales, donde llegan a combinarse altas temperaturas con alta humedad (Tadashi, 1995).

**Ciclo:** 90-150 días (Benacchio, 1982), 100-130 días (Doorenbos y Kassam, 1979).  
**Período promedio de crecimiento,** 65-90 días (Baradas, 1994).

**Uso:** El cultivo de soya fue introducido en Estados Unidos de América a mediados del siglo 19 y fue inicialmente promovido como cultivo forrajero (Arny, 1926). A finales de la década de 1940, el enfoque de producción cambio de forraje a la producción de grano. Con el grano se produce una gran variedad de productos como aceite, productos proteicos, plásticos, cosméticos etc. (Ashlock et al., 2004).

### **Requerimientos agroecológicos**

**Temperatura y fotoperíodo:** La temperatura óptima se encuentra entre 22 y 30°C. Temperaturas nocturnas cercanas a 13°C tienden a retrasar significativamente el desarrollo (Baradas, 1994). La temperatura óptimas se encuentran entre los 20 a 33°C y el rango máximo es de 10 a 38°C (ISWS, 2005).

El rango térmico es 18-35°C, con un óptimo entre 20 y 25°C. La temperatura mínima para desarrollo es 10°C y para la producción de cosecha 15°C (Doorenbos y Kassam, 1979).

Cuando la temperatura es inferior a 22°C, se retrasa la iniciación de las vainas y a temperaturas menores de 14°C, no existe formación de vainas (Hesketh et al., 1973; Thomas y Raper, 1981).

Es una especie sensible a las heladas y algunas variedades necesitan que la temperatura se mantenga por arriba de 24°C para que se produzca la floración (Doorenbos y Kassam, 1979).

En relación al fotoperíodo, Esta especie se considera de día corto, aunque hay cultivares indiferentes al fotoperíodo (Gazzoni, 1995; Baradas, 1994). Los cultivares de soya que responden al fotoperíodo pueden florecer cuando la longitud del día se hace menor que su fotoperíodo crítico. Las variedades que tienen un fotoperíodo crítico relativamente largo, están adaptadas a todas las estaciones en las latitudes septentrionales. Las que tienen un fotoperíodo crítico más corto están adaptadas a latitudes subtropicales o tropicales, el cual es de 13 horas (Summerfield y Roberts, 1985).

En cuanto a los requerimientos de luz el punto de compensación de la soya se encuentra entre valores de 400 y 1150 lux (Gazzoni, 1995), pero otros autores como

Beuerlein y Pendleton (citados por Gazzoni, 1995) encontraron que dicha variación se encontraba entre 1600 y 1800 lux.

**Suelos:** Desarrolla bien en una amplia gama de texturas de suelo, excepto en suelos demasiado arenosos (Doorenbos y Kassam, 1979). Prefiere suelos franco-limosos, franco-arcillo-limosos, no calcáreos. En otro tipo de texturas, basta con que haya un buen drenaje (Benacchio, 1982).

Las raíces de esta planta se concentran generalmente en la primera capa de 60 cm, o incluso a veces en la primera capa de 30 cm, sin embargo, en condiciones normales, el 100% de la absorción de agua tiene lugar a partir de la primera capa de suelo con una profundidad de 0.6 a 1.3 m. Una capa freática superficial, especialmente durante el periodo vegetativo inicial, puede afectar negativamente el rendimiento del cultivo (Doorenbos y Kassam, 1979).

En relación al pH, el rango de pH está entre 5.6 y 8.2, con un óptimo alrededor de 6.5 (FAO, 1994). el óptimo está entre 6.0 y 6.5 (Doorenbos y Kassam, 1979).

Requerimientos de humedad: Este cultivo requiere en promedio de 530 mm por ciclo, con un requerimiento diario promedio de 3.3 mm por día. Crece mejor en climas húmedos con abundante lluvia durante la estación de crecimiento y clima seco durante la maduración. Los periodos críticos por estrés de humedad es en la diferenciación floral hasta el final de la formación de vaina (Baradas, 1994). Sin embargo las necesidades de agua para una producción máxima varían entre 450 y 700 mm por ciclo, dependiendo del clima y de la duración del periodo vegetativo. El nivel permisible de agotamiento de la humedad disponible del suelo, para no reducción de rendimiento es de 55% (Doorenbos y Kassam, 1979). Antes de la floración, la planta tolera la sequía (Crispin y Barriga, 1978). Requiere buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos (Doorenbos y Kassam, 1979).

Tolerancia a la salinidad: Este cultivo es moderadamente tolerante a la salinidad (MT) ya que solo a partir de valores de Conductividad Eléctrica superiores a  $5.1 \text{ ds m}^{-1}$  se presentan reducciones en rendimiento. El rendimiento se ve afectado hasta en un 10% a  $5.5 \text{ dS m}^{-1}$ , hasta un 40% a  $7.0 \text{ dS m}^{-1}$  (Abel y Mckenzie, 1964; Bernstein et al., 1955; Bernstein y Ogata, 1966)

## Rendimiento y potencial de uso forrajero

La soya puede ser cultivado para su uso como forraje con alto contenido de proteína en forma de pastoreo, henificado o ensilado. En tres o cuatro meses después de la siembra, la soya produce heno de similar calidad que la alfalfa (Brown, 1999).

En áreas irrigadas se han obtenido rendimientos de materia seca superiores a 10 t/ha de materia seca (Mullen, 1999). Por su parte, Hintz et al. (1992) encontraron rendimientos de materia seca en Wisconsin de 2.4 a 7.4 t ha<sup>-1</sup>, de acuerdo al estado de maduración en la cosecha. Estos autores concluyeron que las variedades de soya para grano cosechadas en la fase R7 (primeras vainas con color de maduración; 50 % de las hojas amarillas), produjeron forraje de similar calidad a alfalfa cosechada en la fase de inicio de floración. Cuando la soya fue cultivada en asociación con maíz, la concentración de proteína cruda en el forraje se incrementó entre 30 y 43 % comparado con maíz sembrado solo (Herbert et al., 1984). Los rendimientos de forraje de la asociación soya-maíz fueron comparables al rendimiento de maíz en unicultivo.

La cosecha de soya para forraje entre la fase de madurez R6 y R7 maximiza tanto el rendimiento de materia seca y calidad de forraje (Hintz et al., 1992; Munoz et al., 1983). Brown (1999) encuentra en esta fase valores de proteína cruda de 19.2 %, fibra neutro detergente de 40.7 % y fibra ácido detergente de 29 %. Estos valores de calidad, hacen de la soya una alternativa atractiva cuando forraje de alta calidad es escaso.

El forraje de soya puede ser ensilado combinado con maíz, mezclando una carga de soya con tres de maíz. Con esto se evitan problemas en el ensilado originados por el alto contenido de humedad y grasa en la semilla, la cual dificulta el proceso de fermentación en el ensilado (Wheeler, 2000).

Dado que las semillas de soya tienen un alto contenido de grasas, el contenido de extracto de Ether (EE) en el forraje de soya es significativamente más alto que en alfalfa. El incremento del contenido de EE en la ración de bovinos de leche en producción puede incrementar la producción de leche, pero también puede decrecer el consumo y reducir la digestión de fibra. Por esta razón, se recomienda que el contenido de EE en raciones no debería exceder 5 %. Esto significa que la cantidad de forraje de

soya cosechado en la fase R7 no debe exceder el 50 % del total de materia seca en la ración (Brown, 1999).

### **Sistemas de producción con cultivos asociados**

La alternativa del establecimiento de cultivos en asociación frecuentemente ofrece incrementos en rendimientos agronómicos de 5 a 15 % (Snaydon y Harris, 1981), además de otras ventajas de acuerdo a las especies involucradas como fijación simbiótica de nitrógeno (Francis, 1986), mayor estabilidad de rendimiento (Mead y Willey, 1980) y complementación de características agronómicas para mejorar la calidad nutricional de las cosechas (Kass, 1978).

Existen al menos cuatro arreglos básicos de plantas usados en asociaciones de cultivos. 1. Surcos alternos. Cuando dos o más cultivos crecen al mismo tiempo, con al menos un cultivo sembrado en surcos; 2. Cultivos en banda. Dos o más cultivos creciendo juntos en bandas suficientemente anchas para permitir la producción de los cultivos por separada usando maquinaria, pero suficientemente cerca para que exista interacción entre cultivos; 3. Cultivos mezclados. Dos o más cultivos creciendo juntos sin un arreglo definido; 4. Cultivos en relevo. Cuando se siembra un segundo cultivo dentro de un cultivo en crecimiento, cuando está en su etapa reproductiva, pero antes de la cosecha (Geno y Geno, 2001; Sullivan, 2003). Vandermeer (1990) observa que los arreglos "surcos alternos" y "siembra en banda" son los más comunes en sistemas de producción altamente mecanizados.

En los últimos 20 años, varios investigadores han evaluado leguminosas asociadas con maíz para incrementar el suministro de nitrógeno a este cultivo. Dado que los fertilizantes nitrogenados inorgánicos incrementan el costo del cultivo, fuentes orgánicas, particularmente las leguminosas, son consideradas como alternativas para cultivos no leguminosos. Searle et al. (1981) encontraron que el rendimiento de grano de maíz no fue afectado por el intercalado con una leguminosa. El intercalado de franjas de varias especies como maíz o canola adyacentes a soya puede reducir los efectos negativos de un sistema de producción en unicultivo (Kingsley et al., 1998). Adicionalmente al incremento en el rendimiento obtenido en la asociación maíz-soya, también la soya puede aportar beneficios en la calidad del forraje, ya que bovinos de

leche pueden producir tan bien o mejor que con la alfalfa, si la soya es cosechada cuando las vainas inician el llenado (Wheeler, 2000).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera esta ubicada se encuentra localizada en los Estados de Coahuila y Durango, entre los paralelos  $26^{\circ} 51' 00''$  y  $24^{\circ} 22' 48''$  de latitud norte y los meridianos  $101^{\circ} 51' 36''$  y  $104^{\circ} 48' 36''$  al oeste de Greenwich. Los municipios que comprenden la región son: Lerdo, Gómez Palacio, Mapimí, Nazas, Rodeo, Tlahualilo, Simón Bolívar, San Juan de Guadalupe, San Luis del Cordero y San Pedro del Gallo en el Estado de Durango, y Torreón, Matamoros, San Pedro de las Colonias, Viesca y Fco. I. Madero en el estado de Coahuila (CNA, 2005).

#### 3.2. Caracterización del Clima.

El clima en la Comarca Lagunera, según Thorntwaite, es muy seco con deficiencias de lluvia en todas las estaciones del año y presenta temperaturas semicálidas con inviernos benignos. De acuerdo a la clasificación propuesta por Medina (1998) observa dos tipos de clima dominantes:

1. Subtrópico árido semicálido al este de la región en el estado de Coahuila, en donde existe un periodo de enfriamiento en uno o varios días con heladas ( $t < 0^{\circ}\text{C}$ ), con baja disponibilidad de humedad del subsuelo, por lo que no soporta ningún tipo de vegetación cultivada en términos rentables y no presenta ningún período consecutivo superior a 30 días con disponibilidad de humedad del suelo. Presenta un invierno más o menos definido, normalmente presenta algunos días con heladas, en donde la temperatura no desciende muy por debajo de  $0^{\circ}\text{C}$ .
2. Subtrópico árido templado al este y suroeste de la región, en el estado de Durango en donde se presentan adicionalmente inviernos bien definidos y heladas severas, considerablemente por debajo de  $0^{\circ}\text{C}$ .

La temperatura media anual es de 22.1 °C, con rangos de 38.5 °C como media máxima y 16.1 °C como media mínima. El promedio de precipitación pluvial es de 227.7 mm anuales. Las heladas se presentan de noviembre a marzo, y muy poco frecuente en octubre y abril; las granizadas se presentan en mayo y junio. La evaporación anual es de 2396 mm. La humedad relativa en la región varía de acuerdo a la estación del año, en promedio se tiene 31 % en primavera, 47.3 % en verano, 58.3 % en otoño y 40.3 % en invierno (CNA, 1998).

### **3.3. Localización del área experimental.**

El experimento se estableció en el Campo Experimental la Laguna durante el ciclo de verano de 2004. El Campo Experimental La Laguna depende del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y está ubicado en el km 17 de la carretera Torreón – Matamoros. Se localiza en las coordenadas: Latitud Norte 25° 31' 37" y una longitud oeste de 103° 14' 26" y una altura sobre el nivel del mar de 1121 m.

### **3.4. Tratamientos.**

Se evaluaron los cultivos alternativos kenaf variedad "Tainung 2" y soya variedad "Huasteca 200". Como testigos se evaluaron el híbrido de maíz 3025 W (Pioneer), sorgo x sudan nervadura café "Esmeralda Verde" (ABT) y sorgo nervadura café "Silo Master BMB 100 (ABT). Los cultivos se evaluaron en unicultivo y en asociaciones en bandas de cuatro surcos de 0.50 m entre soya y kenaf con cultivos alternativos tradicionales, así como la asociación en surcos alternos entre maíz y sorgo nervadura café.

### **3.5. Diseño experimental.**

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El modelo matemático es el siguiente:

$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$ . Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots$  tratamientos.

$j = 1, 2, 3, \dots$  repeticiones.  
 $\mu$  = Efecto de la media general.  
 $\alpha_i$  = Efecto de tratamientos  
 $\beta_j$  = Efecto de bloques  
 $\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental

### **3.6. Parcela experimental.**

Las parcelas experimentales fueron de  $30 \text{ m}^2$  teniendo una longitud de cinco metros y seis metros de ancho, y una separación de surcos de 0.50 m. La parcela útil para la determinación del rendimiento fue seis surcos de cinco metros de longitud ( $15 \text{ m}^2$ ). La parcela útil para los cultivos que se utilizaron como testigos fueron de seis surcos de dos metros de longitud ( $6 \text{ m}^2$ ).

### **3.7. Manejo agronómico del experimento.**

#### **3.7.1. Preparación del terreno.**

La preparación del terreno consistió de un barbecho, rastreo, nivelación y trazado de melgas para la aplicación del riego de presembrado, el cual se realizó el 15 de julio de 2004. El rastreo en húmedo se llevó a cabo el 26 de julio. La siembra se realizó el 27 de Julio con una densidad de siembra de 500 mil semillas  $\text{ha}^{-1}$  en kenaf y Sorgo Nervadura Café y Soya; en maíz y Sudan se utilizó una densidad de siembra de 110 mil semillas  $\text{ha}^{-1}$ . La distancia entre surcos utilizada fue 0.50 m.

#### **3.7.2. Fertilización.**

Antes del rastreo en húmedo se aplicó una dosis de fertilización de 50 kg de nitrógeno y 100 Kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por hectárea; posteriormente se aplicaron 112 kg de nitrógeno por hectárea en cada uno de los tres riegos de auxilio.

### **3.7.3. Riegos.**

Durante el ciclo del cultivo se aplicó un riego de presiembra de 15 cm y tres riegos de auxilio a los 34, 53 y 78 dds, con láminas de riego de 12 cm cada uno. Durante el ciclo del desarrollo de los cultivos ocurrieron lluvias que alcanzaron 118.4 mm.

### **3.7.4. Labores de cultivo.**

Durante el desarrollo de los cultivos se realizó el aclareo de plantas a los 16 dds y a los 23 dds se dió una escarda con azadón.

### **3.7.5. Control de plagas.**

Para el control de plagas como Diabrotica (Diabrotica spp.) en kenaf y gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en maíz, el 13 de agosto se aplicaron dos tanques de 400 lts de agua con una dosis de 1 lts ha<sup>-1</sup> de Clorpirifos y 0.400 lts ha<sup>-1</sup> de Cipermetrina. Para el control de la mosquita blanca (Trialeurodes vaporariorum) el 27 de agosto se aplicaron dos tanques de 400 lts de agua con una dosis de 1.5 lts ha<sup>-1</sup> de Endosulfan y 0.4 lts ha<sup>-1</sup> de Rescate, utilizándose para las aplicaciones una aspersor de tractor con un tanque de 400 lts.

### **3.7.6. Cosechas**

La cosecha de kenaf Tainung y sorgo nervadura café, Soya, Maiz, Sudan. se realizó en dos edades, que correspondieron a los 74 y 106 dds. En cada cosecha se realizaron muestreos de 20 plantas por parcela para determinar el porcentaje de materia seca y la calidad del forraje.

### **3.8. Medición de variables.**

En las plantas cosechadas en la parcela útil de cada cultivo, se determinó el rendimiento de forraje fresco, y rendimiento de materia seca. En las 20 plantas muestreadas por parcela, se determinó el porcentaje de materia seca, distribución de materia seca y calidad del forraje en términos de contenido de proteína cruda (PC) fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN).

Para obtener el porcentaje de materia seca y distribución de materia seca en los órganos del vástago, se cosecharon 20 plantas por parcela experimental. Estas plantas se separaron en hojas, flores, pecíolo, y tallos, se cortaron en pequeñas partes para depositarlo en una bolsa, y posteriormente se llevó a cabo un presecado en invernadero con calor del sol durante aproximadamente cinco días. Antes de obtener el peso, las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C hasta alcanzar su peso constante.

Para obtener la calidad de forraje en cada uno de los cultivos, las muestras secas se molieron y se colocaron en una bolsa de plástico para su conservación. Posteriormente se pesaron 150 g de muestra para llevarlo al laboratorio y llevar a cabo la obtención de la calidad de forraje.

### **3.9. Análisis estadísticos.**

Los datos de rendimiento y calidad de forraje de los tratamientos evaluados fueron sometidos a análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental utilizado. La comparación de medias se hizo con la prueba de Duncan ( $P < 0.05$ ).

Para determinar el efecto de la competencia entre plantas en las asociaciones de cultivos se obtuvo el rendimiento de materia seca de cada cultivo, considerando sólo la superficie ocupada por cada cultivo en la asociación. Para la comparación de medias de rendimiento y acumulación de materia seca en los órganos del vástago entre cultivos en asociación y cultivos sembrados solos, se utilizaron contrastes

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se evaluó durante el ciclo de verano el potencial de rendimiento y calidad de forraje de soya y kenaf como cultivos alternativos, en relación a cultivos que ya se producen comercialmente en la región como maíz, sorgo x sudan nevadura café y sorgo nevadura café. También se determinó el efecto de la asociación en banda entre cultivos alternativos con cultivos tradicionales sobre el rendimiento y calidad de forraje producido. Estas determinaciones se realizaron en dos edades de los cultivos.

### 4.1. Rendimiento de materia seca en la primera cosecha (74 dds).

En el Cuadro 1 se presentan los rendimientos de materia seca de los tratamientos en evaluación y la aportación de rendimiento por especie en las asociaciones entre cultivos en la cosecha realizada a los 74 dds. En esta fecha de cosecha se aplicaron en todos los tratamientos un riego de presembrado y dos riegos de auxilio.

El mayor rendimiento de materia seca se obtuvo con sorgo x sudan nevadura café, seguido de maíz y sorgo nevadura café, entre los cuales no hubo diferencia significativa. Los rendimientos de materia seca de kenaf ( $6034 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y soya ( $4670 \text{ kg ha}^{-1}$ ) fueron estadísticamente iguales entre sí, y representan respecto a sudan x sorgo nevadura café entre el 35 y 45 % (Cuadro 1).

El nivel de rendimiento de kenaf en este estudio fue superior al encontrado por Webber (1993) en Texas, donde este cultivo alcanzó  $4764 \text{ kg ha}^{-1}$  en 76 dds. Asimismo, los rendimientos de kenaf en el verano de 2003 en la Comarca Lagunera a los 66 dds ( $4408$  a  $4596 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Reta et al., 2004) fueron superados en el presente trabajo. La principal diferencia entre los dos ciclos fue el incremento en la densidad de población de 180 a 500 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  y un retraso en la realización de la cosecha 1 en 2004.

En soya se consignan rendimientos de materia seca variables de acuerdo a las condiciones ambientales, genotipo, fase de corte y manejo agronómico. Los rendimientos fluctúan de  $2.4$  a  $7.4 \text{ t ha}^{-1}$  (Hintz et al., 1992) y pueden ser superiores a  $10 \text{ t ha}^{-1}$  (Mullen, 1999). Generalmente, los mayores rendimientos se obtienen al cosechar en la fase R7 (primeras vainas con color de maduración; 50 % de las hojas

amarilla) (Hintz et al., 1992; Munoz et al., 1983). En el presente estudio, la primera cosecha se realizó cuando la variedad en evaluación aún no iniciaba la floración, sin embargo el nivel de rendimiento fue intermedio al consignado por Hintz et al. (1992). Esto indica que el nivel de rendimiento de soya puede ser mayor con una cosecha más tardía, aunque esto significaría un ciclo más largo y mayores requerimientos de agua, lo cual es necesario analizar su conveniencia en una región como la Comarca Lagunera con limitaciones de agua y producción intensiva de forraje.

Los rendimientos de materia seca de las asociaciones de cultivos fueron inferiores a los rendimientos de los cultivos tradicionales en unicultivo. En la asociación kenaf + sorgo nevadura café el rendimiento de materia seca se redujo en 20 %; mientras que en soya + sorgo x sudan nevadura café, el rendimiento de materia seca disminuyó en 26 %. Estos menores niveles de rendimiento en las asociaciones de cultivos se debieron principalmente a un menor potencial de rendimiento de kenaf y soya, así como por el efecto de la competencia entre cultivos. De hecho, el porcentaje de aportación al rendimiento en las asociaciones fue de 31 a 35 % en kenaf y de 16.8 % en soya (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca de cinco cultivos forrajeros y la aportación de rendimiento por especie a las asociaciones entre cultivos en la cosecha realizada a los 74 días después de la siembra durante el ciclo de verano de 2004 en la Comarca Lagunera.

Tratamientos	Rendimiento de materia seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Aportación de rendimiento por cultivo (%)			
		Kft ‡	Snc	Soy	Sud
1. Maíz	11787 b †	-	-	-	-
2. Sudan x sorgo nevadura café	13408 a	-	-	-	-
3. Sorgo nevadura café	10839 bc	-	-	-	-
4. Kenaf Tainung	6034 e	-	-	-	-
5. Soya	4670 e	-	-	-	-
6. Kft + Snc ‡	8646 d	31.3	68.7	-	-
7. Kft + soy	5420 e	65.0	-	35.0	-
8. Soy + sud	9920 cd	-	-	16.8	83.2

† Medias seguidas con la misma letra en cada columna, no son significativamente diferentes (Duncan, 0.05).

‡ Kft = kenaf tainung 2; Snc = sorgo nevadura café; Soy = soya; Sud = sorgo x sudan nevadura café.

#### 4.2. Calidad de forraje en la primera cosecha (74 dds)

La mejor calidad de forraje de los cultivos en términos de proteína cruda (PC), fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) se obtuvo en soya seguido de kenaf. En general, los valores de calidad de forraje entre los cultivos tradicionales fue similar, con excepción de un menor valor de FDA en maíz respecto a sudan x sorgo nervadura café y sorgo nervadura café (Cuadro 2).

A pesar de que la soya en este estudio se cosechó antes de floración, el contenido de PC fue alto (17.8 %) con valores aceptables de FDA y FDN de 36.8 y 42.8 %, respectivamente. Estos valores de fibras son similares a los encontrados por Brown (1999), quien indica que la soya cosechada en la fase de madurez R7 presentó un contenido de PC de 19.2 % y valores de FDA y FDN de 29 y 40.7 %, respectivamente. Señala que estos valores de parámetros de calidad hacen que el forraje de soya presente una calidad similar a la alfalfa y constituye una alternativa atractiva cuando el forraje de alta calidad es escaso. Los datos de calidad de forraje obtenidos en la cosecha realizada a los 74 dds, sugieren que es posible obtener forraje de buena calidad cosechando la soya antes de la formación de vainas, por lo que se pueden utilizar variedades de soya con hábito de crecimiento indeterminado, y así aprovechar su rápido crecimiento vegetativo sin necesidad de esperar la formación de vaina que alargue el ciclo de crecimiento e incremente los requerimientos de agua.

La principal característica del kenaf para su uso como forraje es su alto contenido de PC, lo cual sólo se puede aprovechar si se cosechan plantas inmaduras. En este estudio el kenaf se cosechó al inicio de floración (74 dds) cuando la planta alcanzó una altura de 1.90 m. En esta edad de acuerdo con lo indicado en otros estudios (Phillips et al., 1999; Reta et al., 2004) se obtiene un balance adecuado entre el contenido de PC y el rendimiento de materia seca, considerando que el contenido de PC decrece con la edad (Phillips et al., 1999; Unger, 2001; Reta et al., 2004). Se obtuvo un valor de PC de 14.0 %, el cual fue similar al encontrado por Reta et al. (2004) en el ciclo de verano de 2003 en la Comarca Lagunera. En contenido de fibras, el kenaf presentó valor de FDA un mayor que maíz, lo cual sugiere una menor digestibilidad del forraje, sin embargo el

valor de FDN fue menor que en maíz, lo cual significa que probablemente presente un mayor consumo por el animal.

En las asociaciones de sorgo nevadura café con kenaf y sorgo x sudan nevadura café con soya, la contribución de materia seca de los cultivos alternativos al rendimiento total de las asociaciones mejoraron significativamente la calidad del forraje producido respecto a los cultivos tradicionales sembrados en unicultivo. En la asociación kenaf + sorgo nevadura café, la contribución del 34.3 % de kenaf al rendimiento total de materia seca incrementó la proteína cruda en 1.64 %; mientras que el valor de FDN se redujo en 10.9 %. En la asociación soya + sorgo x sudan nevadura café, la soya aportó el 16.8 % del rendimiento de materia seca, con lo que se aumentó el contenido de PC en 1.62 % y redujo los valores de FDA y FDN en 5 y 9 %, respectivamente.

A pesar de las características de alto contenido de PC de kenaf y soya, solamente incrementaron ligeramente el porcentaje de PC en las asociaciones. Sin embargo hubo más diferencia en cuanto a su efecto en la calidad de fibras. La soya con una alta calidad de forraje mejoró la calidad de forraje en la asociación con sorgo x sudan nevadura café tanto en FDA como en FDN, lo cual indica que la digestibilidad y cantidad potencial de forraje consumido por el animal es mayor en la asociación que el forraje de sudan x sorgo nevadura café, y maíz en unicultivo. En el caso del kenaf, cuya principal característica como forraje es su alto contenido de PC, también mejoró la calidad de forraje en fibra en la asociación con sorgo nevadura café, aunque sólo mejoró la cantidad potencial de consumo de forraje, al disminuir el valor de FDN respecto a maíz, sorgo nevadura café y sudan x sorgo nevadura café.

Cuadro 2. Calidad de forraje de cinco cultivos forrajeros establecidos en unicultivo y en asociación en la cosecha realizada a los 74 días después de la siembra durante el ciclo de verano de 2004 en la Comarca Lagunera.

Tratamientos	Proteína	Fibra ácido	Fibra neutro
	cruda	detergente	detergente
%			
1. Maíz	7.72 e <sup>†</sup>	40.39 bc	68.82 a
2. Sudan x sorgo nevadura café	7.33 e	46.68 a	67.61 ab
3. Sorgo nevadura café	7.89 e	43.93 ab	64.36 abc
4. Kenaf Tainung	14.04 c	47.52 a	61.54 bc
5. Soya	17.75 a	36.76 c	42.75 f
6. Kft + Snc <sup>‡</sup>	9.53 d	44.26 ab	53.43 de
7. Kft + soy	15.70 b	43.13 ab	51.14 e
8. Soy + sud	8.95 d	41.67 b	58.66 cd

<sup>†</sup> Medias seguidas con la misma letra en cada columna, no son significativamente diferentes (Duncan, 0.05).

<sup>‡</sup> Kft = kenaf tainung 2; Snc = sorgo nevadura café; Soy = soya; Sud = sorgo x sudan nevadura café.

#### 4.3. Rendimiento de materia seca en la segunda cosecha (106 dds).

En el Cuadro 3 se presentan los rendimientos de materia seca de los tratamientos en evaluación y la aportación de rendimiento por especie en las asociaciones entre cultivos en la cosecha realizada a los 106 dds. Para realizar esta cosecha se aplicaron un riego de presiembra y tres riegos de auxilio.

El mayor rendimiento de materia seca se obtuvo en maíz y sorgo x sudan nevadura café, entre los cuales no hubo diferencia significativa. Esto significa que el rendimiento potencial de los cultivos alternativos kenaf y soya fue inferior a los cultivos tradicionales, con excepción de la ventaja que obtuvo kenaf ( $10869 \text{ kg ha}^{-1}$ ) respecto a sorgo nevadura café ( $8830 \text{ kg ha}^{-1}$ ) el cual presentó problemas de acame. El kenaf se cosechó en la fase de floración y formación de semilla. Los datos indican que el kenaf acumuló entre la edad de la primera cosecha (74 dds) y la edad de la segunda cosecha (106 dds)  $4835 \text{ kg ha}^{-1}$  de materia seca, los cuales por la fase de desarrollo se distribuyeron principalmente en el tallo y órganos reproductivos. El rendimiento de materia seca en kenaf en esta cosecha ( $10869 \text{ kg ha}^{-1}$ ) fue superior al encontrado por Webber (1993) en un estudio realizado en Texas, donde se alcanzaron rendimientos de materia seca de  $7512 \text{ kg ha}^{-1}$  a los 99 dds. También el rendimiento de kenaf en este estudio fue mayor que el encontrado por Reta et al. (2004) durante el ciclo de verano de 2003, cuando la planta alcanzó una altura de 2.4 m ( $7653 \text{ kg ha}^{-1}$ ), aunque en este caso el ciclo fue sólo de 83 dds. El menor rendimiento de los cultivos evaluados se obtuvo en soya ( $5654 \text{ kg ha}^{-1}$ ), la cual se cosechó en la fase R5 (inicio de formación de semilla). Dado que soya se cortó antes de que llenaran la semillas, sólo acumuló  $984 \text{ kg ha}^{-1}$  de materia seca entre la primera y segunda cosecha.

En los tratamientos con cultivos en asociación, el mayor rendimiento de materia seca se obtuvo en maíz + sorgo nevadura café, el cual fue similar a sudan x sorgo nevadura café. En esta asociación el rendimiento se redujo respecto a maíz unicultivo en 12 %; mientras que respecto a sorgo nevadura café, el rendimiento fue superior en 64 %. Esta gran diferencia en rendimiento fue debido principalmente a que el sorgo nevadura café en la asociación no presentó acame, como ocurrió en sorgo nevadura café unicultivo. La aportación de materia seca de cada cultivo al rendimiento total en asociación fue similar (Cuadro 3).

En las asociaciones de soya con maíz y sorgo x sudan nevadura café, no hubo diferencia estadística significativa entre ellos. El rendimiento de maíz + soya se redujo respecto a maíz unicultivo en 22.6 %; mientras que en sorgo x sudan nevadura café + soya, el rendimiento disminuyó en 18.4 % respecto a sorgo x sudan nevadura café unicultivo. En estas asociaciones la soya contribuyó con 19.2 a 22.3 % del rendimiento total (Cuadro 3).

Cuadro 3 . Rendimiento de materia seca de cinco cultivos forrajeros y la aportación de rendimiento por especie a las asociaciones entre cultivos en la cosecha realizada a los 106 días después de la siembra durante el ciclo de verano de 2004 en la Comarca Lagunera.

Tratamiento	Rendimiento de materia seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Aportación de rendimiento por cultivo (%)				
		Mz	Kft	Snc	Soy	Sud
1. Maíz	16380 a <sup>†</sup>	-	-	-	-	-
2. Sudan x sorgo nervadura café	14811 ab	-	-	-	-	-
3. Sorgo nervadura café	8830 e	-	-	-	-	-
4. Kenaf Tainung	10869 d	-	-	-	-	-
5. Soya	5654 f	-	-	-	-	-
6. Mz + snc <sup>‡</sup>	14483 b	48.8	-	51.2	-	-
7. Kft + soy	6373 f	-	72.4	-	27.6	-
8. Mz + soy	12678 c	77.7	-	-	22.3	-
9. Soy + sud	12080 dc	-	-	-	19.2	80.8

<sup>†</sup> Medias seguidas con la misma letra en cada columna, no son significativamente diferentes (Duncan, 0.05).

<sup>‡</sup> Mz = maíz; Kft = kenaf tainung 2; Snc = sorgo nervadura café; Soy = soya; Sud = sorgo x sudan nervadura café.

#### **4.4. Calidad de forraje en la segunda cosecha (106 dds)**

En forma similar a la primera cosecha, la mejor calidad de forraje de los cultivos en términos de proteína cruda y fibras se obtuvo en soya seguido de kenaf (Cuadro 4). En soya los valores de PC, FDA y FDN no se modificaron respecto a la primera cosecha, por lo que el forraje sigue siendo de alta calidad como lo indica Brown (1999). El poco o nulo cambio en los parámetros de calidad con la edad señala que en esta segunda cosecha las vainas presentes en la planta estaban poco desarrolladas y no aportaron la proteína y grasa al forraje, como ocurre cuando la soya se cosecha en la fase R7 (Brown, 1999; Wheeler, 2000). El kenaf en forma similar a soya mantuvo valores de FDA y FDN semejantes a los obtenidos a los 74 dds, sin embargo el contenido de PC se redujo de 14 a 9.8 %, lo cual está relacionado a la fase fenológica en que se realizó esta segunda cosecha (floración y formación de semilla). En la fase de floración y formación de semillas, la planta de kenaf acumula materia seca principalmente en el tallo y órganos reproductivos, con bajo contenido de PC (Swingle et al., 1978; Webber, 1993a) y al mismo tiempo se pierden hojas en la parte inferior de la planta, las cuales presentan el mayor contenido de PC en kenaf (Killinger, 1969; Suriyajantratong et al., 1973; Swingle et al., 1978; Webber, 1993).

Los parámetros de calidad de forraje de sudan x sorgo nevadura café y sorgo nevadura café fueron estadísticamente iguales entre sí. Al comparar entre cultivos, la principal diferencia en calidad de forraje en estos cultivos respecto a maíz, kenaf y soya fue el valor de FDN, el cual fue menor que en maíz y mayor respecto a kenaf y soya. En el caso de soya, sobresale además por su alto contenido de PC (Cuadro 4).

Las asociaciones de cultivos evaluadas modificaron significativamente la calidad del forraje respecto a los cultivos tradicionales sembrados solos. La asociación en bandas de soya con maíz y sorgo x sudan nevadura café mejoró la calidad del forraje, con incrementos en PC entre 2.6 y 2.9 unidades porcentuales, mientras que el valor de FDN se redujo respecto a maíz en unicultivo entre 16 y 25 %. La contribución de materia seca de soya al rendimiento total de las asociaciones fue entre 19.2 y 22.3 %. En el caso de la asociación entre kenaf y soya, los datos indican que no hubo ninguna ventaja en calidad de forraje respecto a los cultivos sembrados solos. En la asociación de maíz y sorgo nevadura café en surcos alternos, con una contribución de materia

seca al rendimiento total de 48.8 y 51.2 %, respectivamente, el forraje producido fue de mayor calidad sólo respecto a maíz en unicultivo, al disminuir el valor de FDN en 14.5 unidades porcentuales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Calidad de forraje de cinco cultivos forrajeros establecidos en unicultivo y en asociación en la cosecha realizada a los 106 días después de la siembra durante el ciclo de verano de 2004 en la Comarca Lagunera.

Tratamiento	Proteína cruda	Fibra ácido detergente	Fibra neutro detergente
	%		
Maíz	6.96 cd <sup>†</sup>	25.44 a	84.71 a
Sudan x sorgo nervadura café	7.48 cd	34.61 a	65.0 bc
Sorgo nervadura café	7.97 c	44.63 a	68.71 b
Kenaf Tainung	9.78 b	40.91 a	54.24 d
Soya	18.17 a	31.49 a	45.84 e
Mz + snc <sup>‡</sup>	6.82 d	32.00 a	70.19 b
Kft + soy	10.37 b	47.93 a	57.88 cd
Mz + soy	9.88 b	35.78 a	62.02 c
Soy + sud	10.03 b	40.46 a	59.50 cd

<sup>†</sup> Medias seguidas con la misma letra en cada columna, no son significativamente diferentes (Duncan, 0.05).

<sup>‡</sup> Mz = maíz; Kft = kenaf tainung 2; Snc = sorgo nervadura café; Soy = soya; Sud = sorgo x sudan nervadura café.

#### **4.5. Efecto de la competencia entre plantas en las asociaciones de cultivos en la cosecha 1 (74 dds) y cosecha 2 (106 dds).**

En los Cuadros 5 y 6 se muestran los efectos de la competencia entre cultivos en las asociaciones evaluadas sobre el rendimiento y acumulación de materia seca en los órganos del vástago de los cultivos involucrados. En este análisis se obtuvo el rendimiento de materia seca por cultivo, considerando sólo la superficie ocupada por cada cultivo en la asociación para realizar la comparación con el rendimiento del mismo cultivo sembrado sólo.

La siembra de cultivos asociados en bandas de cuatro surcos presentó resultados variables en cuanto al efecto de la competencia entre plantas, de acuerdo con las características de los cultivos asociados en la cosecha realizada a los 74 dds. Cuando se asociaron cultivos con diferencias significativas en altura de planta como soya y sorgo x sudan nervadura café, soya y kenaf, y sorgo nervadura café con kenaf, los rendimientos de los cultivos más altos fueron mayores que los mismos cultivos establecidos solos, debido a una menor competencia entre plantas en los surcos orilleros de cada banda. Este efecto en cultivos asociados en bandas es también indicado por Sullivan (2003) en asociaciones entre maíz, soya y granos pequeños (trigo y avena), en los cuales el maíz como cultivo más alto resulta beneficiado con una mayor y mejor distribución de la energía solar en las hojas de los surcos orilleros, lo cual tiene como resultado un mayor rendimiento en estos surcos. Por su parte, en los cultivos con menor altura, el rendimiento de materia seca se redujo entre 19.4 y 28.7 % en soya en asociación con sorgo x sudan nervadura café y kenaf, mientras que en kenaf asociado con sorgo nervadura café la reducción de rendimiento fue de 10.8 %. En los cultivos asociados que presentaron ventajas por una menor competencia entre plantas en surcos orilleros, esta se reflejó principalmente en una mayor acumulación de materia seca en el tallo (Cuadro 5).

En la cosecha 2 (106 dds), la respuesta de cultivos asociados en bandas a la competencia entre plantas también fue variable, de acuerdo a las características de los cultivos (Cuadro 6). Las ventajas en rendimiento de cultivos asociados respecto a los mismos cultivos sembrados solos, únicamente se observaron en sorgo x sudan

nervadura café asociado con soya y en sorgo nervadura café en asociación en surcos alternos con maíz, aunque en este caso la diferencia en rendimiento se relacionó en gran parte por un mayor y más temprano problema de acame en sorgo nervadura café en unicultivo. En la asociación de maíz con soya, cuando se compararon ambas especies con los cultivos establecidos solos, se encontró que la competencia entre plantas no afectó significativamente el rendimiento de materia seca. Sin embargo, cuando la soya se asoció con sorgo x sudan nervadura café y kenaf, el rendimiento se redujo por efecto de la competencia en 17.0 y 38.4 %, respectivamente. En la asociación de maíz con sorgo nervadura café en surcos alternos, el rendimiento de materia seca se redujo en maíz en 13 %. En general, el efecto de la competencia en esta cosecha se reflejó sobre todos los órganos del vástago de cada cultivo en asociación (Cuadro 6).

Cuadro 5. Rendimiento y distribución de materia seca en los órganos del vástago en la cosecha realizada a los 74 dds durante el ciclo de verano de 2004 en la Comarca Lagunera.

Tratamientos	Rendimiento de materia seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Tallo	Hoja	Órganos reproductivos
			g m <sup>-2</sup>	
Kenaf Tainung (Kft) †	6034 ‡	412	176	8
Kft-soy	7075 **	522	238 **	21 **
Kft-snc	5379	350 **	156	14
Soya (Soy)	4670	169	314	0
Soy-Sud	3329 **	115 **	220	0
Soy-Kft	3764 **	150 *	278 *	0
Sorgo nervadura café (snc)	10839	520	484	84
Snc-Kft	11914 **	533 **	556	162
Sudan x sorgo nervadura café (Sud)	13408	624	427	389
Sud-Soy	16511 **	754 **	452	388

† Kft-soy = kenaf en asociación con soya; kft-snc = kenaf en asociación con snc; soy-sud = soya en asociación con sud; soy-kft= soya en asociación con kenaf; snc-kft = sorgo nervadura café en asociación con kft; sud-soy = sudan x sorgo nervadura café en asociación con soy. ‡ En cada columna dentro de cada cultivo, las medias se compararon mediante el uso de contrastes.

Cuadro 6. Rendimiento y distribución de materia seca en los órganos del vástago en la cosecha realizada a los 106 dds durante el ciclo de verano de 2004 en la Comarca Lagunera.

Tratamientos	Rendimiento de materia seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Tallo	Órganos reproductivos	
			Hoja	g m <sup>-2</sup>
Kenaf Tainung (Kft)	10869	668	232	108
Kft-soy	9261 **	739 **	104 **	96 **
Soya (Soy)	5654	169	310	84
Soy-Sud	4690 **	152 **	234 **	45 **
Soy-Kft	3485 **	104 *	156 *	39 **
Soy-mz	5545	125 **	214 **	53 **
Sorgo nervadura café (Snc)	8830	423	396	129
Snc-Mz	14733 **	721 **	568 **	295 **
Sudan x sorgo sorgo nervadura café (Sud)	14811	737	427	453
Sud-Soy	19470 **	885 *	523 *	635 **
Maíz (Mz)	16380	288	428	1084
Mz-Soy	19812	276 **	376 **	1148
Mz-Snc)	14233 **	246	300 **	899 **

† Kft-soy = kenaf en asociación con soya; soy-sud = soya en asociación con sud; soy-kft= soya en asociación con kenaf; soy-mz = soya en asociación con mz; snc-kft = sorgo nervadura café en asociación con kft; sud-soy = sudan x sorgo nervadura café en asociación con soy; mz-soy = maíz en asociación con soy; mz-snc = maíz en asociación con snc. ‡ En cada columna dentro de cada cultivo, las medias se compararon mediante el uso de contrastes.

## V. CONCLUSIONES

El rendimiento de material seca de kenaf en la primera (74 dds) y segunda edad (106 dds) de cosecha fue de 6034 y 10869 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente; mientras que en soya se obtuvo 4670 kg ha<sup>-1</sup> en la primera cosecha y 5654 kg ha<sup>-1</sup> en la segunda. Estos niveles de rendimiento de kenaf y soya fueron significativamente menores a los rendimientos de materia seca de cultivos tradicionales como maíz, sudan x sorgo nervadura café y sorgo nervadura café. El rendimiento de materia seca en estos cultivos fue entre 10839 y 11787 kg ha<sup>-1</sup> en la primera cosecha; mientras que en la segunda fue de 8830 a 16380 kg ha<sup>-1</sup>.

La mejor calidad de forraje se obtuvo en soya con un alto contenido de PC (17.8-18.2 %) y los menores valores de FDA (36.8-42.8 %) y FDN (42.8-45.8 %) respecto a los otros cultivos. La calidad de forraje de kenaf en términos de PC (9.8-14.0 %) y FDN (54.2-61.5 %) fue superior al forraje de cultivos tradicionales en las dos edades de cosecha, aunque en la segunda cosecha el contenido de PC disminuyó hasta 9.8 %, debido a una mayor asignación de materia seca al tallo y órganos reproductivos.

En las dos edades de cosecha, los rendimientos de materia seca de las asociaciones de kenaf y soya con cultivos tradicionales fueron significativamente menores entre 14 y 35 % respecto al rendimiento de cultivos tradicionales sembrados solos. Sin embargo, la calidad de forraje en las asociaciones mejoró significativamente respecto a cultivos tradicionales en unicultivo. Los principales efectos en las asociaciones sobre la calidad de forraje fue un incremento de PC entre 1.6 y 1.9 %, y la disminución de valores de FDN entre 9 y 25 %. En la asociación en surcos alternos entre maíz y sorgo nervadura café, la calidad de forraje fue mayor que en maíz debido a una disminución de FDN en 14.5 unidades porcentuales, aunque el rendimiento de materia seca se redujo en 12 %.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Abel, G. H. & MacKenzie, A. J. 1964 Salt tolerance of soybean varieties (*Glycyne max* L. Merrill) during germination and later growth. *Crop Sci.*, 4:157-161.
- Army, A.C. 1926. The influence of time of cutting on the quality of crops. *Agron. J.* 18:684-703.
- Ashlock, R. Rodibaugh, N. Hettiarachchy, and A. Proctor. 2004. Processing and utilization. Chapter 18. *Arkansas Soybean Handbook*. University of Arkansas. Division of Agriculture. Cooperative Extension Service.
- Baradas, M. W. 1994. Crop requirements of tropical crops. In: *Handbook of agricultural meteorology*. J.F. Griffiths Editor. Oxford Univ. Press. New York. pp. 189-202.
- Benacchio, S.S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- Bernstein, L. & Ogata, G. 1966. Effects of salinity on nodulation, nitrogen fixation, and growth of soybeans and alfalfa. *Agron. J.*, 58:201-203.
- Bernstein, L., Mackenzie, A. J. & Krantz, B. A. 1955. Salt tolerance of field crops – soybeans. In *United States Salinity Laboratory Report to Collaborators, Riverside, A. A.* p. 35-36.
- Brown, C. 1999. Soybeans as a forage crop. Ontario. Ministry of Agriculture and Food. Government of Ontario, Canada. 3p.
- Bhangoo, M.S., C.G. Cook and K. Sakouri. 2003. Effects of soil salinity and irrigation levels on kenaf production in the San Joaquin Valley, California. *Research Bulletin*. California Agricultural Technology Institute.
- Bhangoo, M. S., Charles, G. Cook y Kamai, S. 1994. Effect of Soil Salinity and Irrigation Levels on Kenaf Production in the San Joaquin Valley, California. *Research Bulletin*. CATI Publication No. 940102. California Agricultural Technology Institute. Pp.
- Bhangoo, M.S., F.G. Fernandez and C.G. Cook. 1993. Kenaf production on a saline soil and its effect on the salinity of soil and shallow aquifer. *Proc. Calif. Plant and Soil Conference*. Sacramento, CA. Jan. 25-26, 1993. p. 21-29.

- Bhardwaj, H.L., A. Hankins, T. Mebrahtu, J. Mullins, M. Rangappa, O. Ahaye, and G.E. Welbaum. 1996. Alternative crops research in Virginia. p. 87-96. In: J. Janick (ed.). Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria, VA.
- Cherney, J.H., D.J.R. Cherney, D.E. Akin, J.D. Axtell. 1991a. Potential of brown-midrib, low-lignin mutants for improving forage quality. *Advances in Agronomy*. 46:159-164.
- Cherney, J.H., K.D. Johnson, J.J. Volenec, D.K. Greene. 1991. Biomass potential of selected grass and legume crops. *Energy sources*. 13:283-292.
- Cherney, J.H., D.J.R. Cherney, D.E. Akin, and J.D. Axtell. 1991b. Potential of brown-midrib, low-lignin mutants for improving forage quality. *Adv. Agron.* 46:157-198.
- Comisión Nacional del agua. 1997. Monitoreo de la calidad del agua y salinidad analizada en los suelos del Distrito de Riego 017. Gerencia Regional Norte. Distrito de Riego 017. Región Lagunera. Ciudad Lerdo, Dgo., México.
- Comisión Nacional del Agua. 2005. Estadísticas del agua en México. Síntesis. Ed. 2005. p. 104.
- Crispin M., A. y C. Barriga. 1978. El cultivo de la soya (*Glycine max* L.). In: Producción de granos y forrajes. Edit. Limusa. México, D.F. pp. 501- 539.
- Dempsey, J.M. 1975. Fiber crops. The Univ. Presses of Florida, Gainesville.
- Doorenbos. J. y A. H. Kassam. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje No. 33. FAO. Roma. 212 p.
- El Siglo de Torreón. 2002. Resumen económico anual de la Comarca Lagunera. Edición especial.
- Farias J.M., J.E. Winch. 1987. Effect of planting date and harvest stage upon yield. Yield distribution and quality of sorghum sudangrass in northern Mexico. *Trop. Agric.* 64:87-90.
- FAO. 1994. ECOCROP. I. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Version 1.0. AGLS. FAO, Rome, Italy.

00139

- Faz Contreras, R., D.G. Reta Sánchez, G. Nuñez Hernández, E. Contreras G. 1998. Manejo eficiente de los riegos en la producción de maíz forrajero. P. 9-14. En: Gomina G., H.J. (ed.). Tecnología para aumentar producción y valor nutritivo en maíz y sorgo para ensilaje. Avances de Investigación y Demostración en Forrajes. INIFAP-CIRNOC-CELALA.
- Francis, C.A. 1986. Future perspectives of multiple cropping. In: Multiple Cropping Systems. C. A. Francis (ed). Macmillan, New York. pp:351-370.
- Francois, L. E., Donovan, T. J. & Maas, E. V. 1992. Yield, vegetative growth, and fiber length of kenaf grow on saline soil. *Agron. J.*, 84:592-598.
- Gazzoni, D.L. 1995. Botánica. *In: El cultivo de la soja en los trópicos: mejoramiento y producción.* EMBRAPA-FAO. Roma, Italia. pp. 1-12.
- Geno, L., B. Geno. 2001. Polyculture production. Principles, benefits and risks of multiple cropping land management systems for Australia. Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No. 01/34. RIRDC Project No. AGC-3A.
- González de C., M. 1984. Especies vegetales de importancia económica en México. Ed. Porrúa. México, 305 p.
- Goodrich, R.D. and J.C. Meiske. 1985. Corn and sorghum silages. In: Forages. The Science of Grassland Agriculture. M.E. Heath, R.F. Barnes, D.S. Metcalfe (ed.). Fourth Edition. Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A. pp. 527-536.
- Herbert, S.J., D.H. Putnam, M.I. Poss-Floyd, A. Vargas, and J.F. Creighton. 1984. Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting patterns. *Agron. J.* 76:507-510.
- Hesketh. J.D., D.L. Myrtle and C.R. Wiley. 1973. Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans. *Crop Sci.*, 13:250-254.
- Hintz, R.W., and K.A. Albrecht. 1994. Dry matter partitioning and forage nutritive value of soybean plant components. *Agron. J.* 86:59-62.
- Hintz, R.W., K.A. Albrecht, and E.S. Oplinger. 1992. Yield and quality of soybean forage as affected by cultivar and management practices. *Agron. J.* 84:795-798.

- Illinois State Water Survey (Illinois S.W.S). 2005. Alternative Crop Suitability Maps: <http://www.sws.uiuc.edu/data/altcrops/cropreq.asp?crop=964&=croplist&setter=Z&nm eType=sci&m=met>
- Kass, D.C.L. 1978. Polyculture Cropping Systems: Review and analysis. Cornell International Agriculture Bulletin 32. Cornell University. New York State College of Agriculture and Life Sciences, Ithaca NY.
- Killinger, G.B. 1969. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), a multi-use crop. *Agron. J.* 61:734-736.
- Kinsley, K.A., P. Daniel H., V. Carroll P., R. Michael P., A. Deborah L. 1998. Increased yield and profitability in canola-soybean strip intercrops. Tektran. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service.
- Knowles, C., N. Wright and C. Sherrill. 1999. Growth characteristics, hay yield, and feed quality of kenaf grown in Mohave Valley. Forage and grain report. University of Arizona College of Agriculture.
- L'Informatore Agrario: Progetto. 1990. Kenaf. 14:47-50.
- LeMahieu, P.J., E.S. Oplinger, and D.H. Putnam. 1991. Kenaf. Alternative field crops manual. Univ. of Wisconsin-Extension. Cooperative Extension Univ. of Minnesota: center for alternative plant and animal products and the Minnesota Extension Service.
- Mead, R. and R.W. Willey. 1980. The concept of a "land equivalent ratio" and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture* 16:217-228.
- Medina, García G., J.A. Ruiz C., y R.A. Martínez P. 1998. Los climas de México. Una estratificación ambiental basada en el componente climático. Libro Técnico No. 1. Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. p. 103.
- Moreno Diaz, L., D. Garcia Arellano y R. Faz Contreras. 2000. Manejo del riego en la alfalfa. P. 109-132. En Nuñez H., G., Y.I. Chef M., I. Reyes J., y H.J. Gomina G. (Ed.). Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. Libro Técnico No. 2. INIFAP-CIRNOC-CELALA.
- Mullen, C. 1999. Summer legume forage crops: Cowpeas, lablab, soybeans. *Agfact* P4.2.16 (second edition). NSW Department of Primary Industries. 13 p.

- Munoz, A.E., E.C. Holt, and R.W. Weaver. 1983. Yield and quality of soybean hay as influenced by stage of growth and plant density. *Agron. J.* 75:147-149.
- Muir, J.P. 2001. Dairy compost, variety, and stand age effects on kenaf forage yield, nitrogen and phosphorus concentration, and uptake. *Agron. J.* 93:1169-1173.
- Nielsen, D.C. 2004. Kenaf forage yield and quality under varying water availability. *Agron. J.* 96:204-213.
- Núñez H.G., B.J. Cantú. 2001. Producción, composición química y digestibilidad del forraje de sudan de nevadura café x sorgo en la Región Norte de México. *Tec. Pec. Méx.* :180-182.
- Núñez, H.G., E. Contreras, R. Faz y D. Reta S. 1998. Tecnología para aumentar producción y valor nutritivo en maíz y sorgo para ensilaje. *Publicación Especial. INIFAP-CELALA.* 31 p.
- Núñez H.G., R. Faz C., M.R. Tovar G., y A. Zavala G. 2001. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el Norte de México. *Tec. Pecu. Méx.* 39:77-88.
- Oliver, A.L., J.F. Pedersen, R.J. Grant, T.J. Klopfenstein. 2005. Comparative effects of the sorghum bmr-6 and bmr-12 genes: I. Forage sorghum yield and quality.
- Phillips, W.A., F.T. McCollum, III, and C.Q. Fitch. 1999. Kenaf dry matter production, chemical composition, and in situ disappearance when harvested at different intervals. *Prof. Anim. Sci.* 15:34-39.
- Phillips, W.A., S. Rao, D.L. Von Tungeln, and G.Q. Fitch. 1996. Digestibility of freshly harvested, ensiled, and mature kenaf by sheep. *Prof. Anim. Sci.* 12:99-104.
- Rayburn, E.B. 1996. Forage quality – protein. *Forage management. Extensión Service. West Virginia University.*
- Reta S., D.G., J.S. Carrillo A., A. Gaytán M., E. Castro M., J.A. Cueto W. 2002. Guía para cultivar maíz forrajero en surcos estrechos. Folleto para productores Núm. 5. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-CELALA. 21 p.
- Reta S., D.G., A. Gaytán M., J.S. Carrillo A. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. Fitotec. Méx.* 23:37-48.

- Reta S., D.G., J. Santamaría C., J.F.J. Chávez G., M. Rivera G., J.S. Carrillo A., J.A. Cueto W., W. Gaytán M. 2004. Producción de forraje de dos genotipos de kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) durante el ciclo de verano en la Comarca Lagunera. Memorias de la XVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. 498-502 pp.
- Reta S., D.G., S. Cruz C., A. Palomo G. 2005. Rendimiento y distribución de materia seca de dos genotipos de kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) durante el ciclo de verano en la Comarca Lagunera. Memorias de la XVII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. 191-195 pp.
- Ruiz C., J.A., G. Medina G., I. J. González A., C. Ortiz T., H. E. Flores L., R. Martínez P. y K. F. Byerly M. 1999. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. INIFAP-Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. 35 p.
- Salcedo D.G. 1997. Determinación de la capacidad de ingestión, digestibilidad, producción de sudan x sorgo por vacas Frisonas en nave metabólica. Rev. Agron. (LUZ). 14:141-152.
- Sánchez Cohen, I., J.L. González Barrios, y L. Descroix. 1998. Situación actual y perspectivas del recurso hídrico en la región hidrológica No. 36. Análisis fundamentado en investigación científica. Informe Proyecto CENID RASPA ORSTOM.
- Searle, P.G.E., Y. Comudom, D.C. Shedden, R.A. Nance. 1981. Effect of maize+legume intercropping systems and fertilizar nitrogen on crop yields and residual nitrogen. Field Crops Res. 4:133-145.
- Snaydon, R.W. and P.M. Harris. 1981. Interactions below ground - The use of nutrients and water. In: Proceedings of the International Workshop on Intercropping. R. Willey (ed). ICRISAT, Patanancheru India. pp:188-201.
- Sullivan, P. 2003. Intercropping principles and production practices. Agronomy Systems Guide. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA). National Center for Appropriate Technology. U.S. Department Agriculture. 12 p.
- Sullivan, P. 2003. Kenaf production. Current topic. Appropriate technology transfer for rural areas (ATTRA). Fayetteville, AR. 4 p.

- Summerfield, R.J., E.H. Roberts, W. Erskine and R.H. Ellis. 1985. Effects of temperature and photoperiod on flowering in lentils (*Lens culinaris Medic.*) *Annals of Botany*, 56:659-671.
- Suriyajantratong, W., R.E. Tucker, R.E. Sigafus, and G.E. Mitchell, Jr. 1973. Kenaf and rice straw for sheep. *J. Anim. Sci.* 37:1251-1254.
- Swingle, R.S., A.R. Urias, J.C. Doyle, and R.L. Voigt. 1978. Chemical composition of kenaf forage and its digestibility by lambs and in vitro. *J. Anim. Sci.* 46:1346-1350.
- Tadashi, Y.J. 1995. Enfermedades: enfermedades provocadas por hongos. *In: El cultivo de la soja en los trópicos: mejoramiento y producción.* EMBRAPA-FAO. Roma, Italia. pp. 37-60.
- Thomas, J.F. and C.D. Jr. Raper. 1981. Day and night temperature influence on carpel initiation and growth in soybean. *Bot. Gaz.*, 142:183-187.
- Taylor, C.S. 1995. Kenaf. New crop factsheet. Center for New Crops and Plant Products. Purdue University. 5 p.
- Taylor, C.S., and D.E. Kugler. 1992. Kenaf: Annual fiber crop products generate a growing response from industry. P. 92-98. In 1992 yearbook of agriculture. Office of Publishing and Visual Communication, USDA, Washington, D.C.
- Unger, P.W. 2001. Alternative and opportunity dryland crops and related soil conditions in the southern Great Plains. *Agron. J.* 93:216-226.
- Vandermeer, J.H. 1990. 'Intercropping' in agroecology. C.R. Carroll, J.H. Vandermeer and P. Rosset (eds.). pp. 481-516. McGraw Hill, New York, N.Y.
- Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive systems of feed analysis and its application to forage. *J. Animal Sci.* 26:119-128.
- Van Soest, P.J. 1985. Composition, fiber quality, and nutritive value of forages. Pp. 412-421. In: Forages. The Science of Grassland Agriculture. M.E. Heath, R.F. Barnes, D.S. Metcalfe (eds.). Fourth Edition. Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A.
- Vavilov, N.I. 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Chronica Botanica.* USA.
- Webber, C.L., III. 1993. Crude protein and yield components of six kenaf cultivars as affected by crop maturity. *Ind. Crops Prod.* 2:27-31.

- Webber, C.L., III. 1996. Kenaf production, properties, and potential uses. Proc. Int. Kenaf Assoc. Conf. 8:3-8.
- Webber, C.L. III, H.L. Bhardwaj, and V.K. Bledsoe. 2002. Kenaf production: fiber, feed, and seed. P. 327-339. In: J. Janick and A. Whipkey (eds.). Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, V.A.
- Wheeler, B. 2000. Soybeans for silage. Infosheet. Ministry of Agriculture and Food. Government of Ontario, Canada.
- Wildeus, S., H.L. Bhardwaj, M. Rangappa, and C.L. Webber III. 1995. Consumption of chopped kenaf by Spanish goats. Proc. of 7<sup>th</sup>. Int. kenaf Conf., Irving, Tx. 9-10 Mar. 1995. Int. Kenaf Assoc., Ladonia, TX.
- Wing, J.M. 1967. Ensilability, acceptability and digestibility of kenaf. Feedstuffs. 39:26.

## VII. APÉNDICE DE CUADROS

### 7.1. RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA COSECHA 1 (74 dds).

Cuadro A1. Análisis de varianza de rendimiento de materia seca de la cosecha 1

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr>F	SIG
REP	3	9440506.3051	3146835.435	3.23	0.0432	*
TRAT	7	286859057.17	40979865.310	42.02	0.0001	**
ERROR	21	20478537.52	975168.45			

C. V. 11.17022                      R2 0.93                      MEDIA 8840.52

Cuadro A2. Análisis de varianza de calidad de proteína cruda en la cosecha 1

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr>F	SIG
REP	3	0.42511259	0.14170420	0.46	0.7145	NS
TRAT	7	467.977555	66.85393650	216.09	0.0001	**
ERROR	21	6.4968	0.3093			

C. V. 5.0045                      R2 0.98                      MEDIA 11.1140

Cuadro A3. Análisis de varianza de fibra detergente neutro en la cosecha 1

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr>F	SIG
REP	3	6.67683721	2.22561240	0.12	0.9450	NS
TRAT	7	2244.62964	3.20661377	17.84	0.0001	**
ERROR	21	377.4873	17.9756			

C. V. 7.2426                      R2 0.85                      MEDIA 58.5386

Cuadro A4. Análisis de varianza de fibra detergente ácida en la cosecha 1

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr>F	SIG
REP	3	13.052824	4.35094154	0.48	0.6979	NS
TRAT	7	336.16306	48.0232944	5.33	0.0013	**
ERROR	21	189.3010	9.0143			

C. V. 6.9752                      R2 0.64                      MEDIA 43.0432

## 7.2. RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA COSECHA 2 (106 dds)

Cuadro A5. Análisis de varianza de rendimiento de materia seca de la cosecha 2

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr>F	SIG
REP	3	15282659.23	5094219.74	4.04	0.0185	*
TRAT	8	452772460.28	56596557.53	44.88	0.0001	**
ERROR	24	30264244.49	1261010.18			

C. V. 9.89                      R2 0.94                      MEDIA 11350.96

Cuadro A6. Análisis de varianza de calidad de proteína cruda en la cosecha 2

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr>F	SIG
REP	3	0.39506707	0.13168902	0.29	0.83	NS
TRAT	8	384.556961	48.0696201	106.27	0.0001	**
ERROR	24	10.8558	0.4523			

C. V. 6.92                      R2 0.97                      MEDIA 9.7187

Cuadro A7. Análisis de varianza de fibra detergente neutro en la cosecha 2.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr>F	SIG
REP	3	119.358433	39.7861444	2.33	0.099	*
TRAT	8	3869.53293	483.691617	28.37	0.067	*
ERROR	24	409.2016	17.0501			

C. V. 6.55                      R2 0.90                      MEDIA 63.019

Cuadro A8: Análisis de varianza de fibra detergente acida en la cosecha 2

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr>F	SIG
REP	3	82.2941129	27.4313766	0.30	0.8272	NS
TRAT	8	1607.53081	200.941352	2.18	0.0674	*
ERROR	24	2216.8480	92.3687			

C. V. 25.95                      R2 0.43                      MEDIA 37.031

### 7.3. EFECTO DE LA COMPETENCIA ENTRE PLANTAS EN LAS ASOCIACIONES

#### COSECHA 1 (74 DDS)

Cuadro A9. Comparación por contrastes del rendimiento de materia seca<sup>†</sup> de cultivos establecidos solos y en asociación.

CONTRASTE	GL	CM	Fcal	Pr > F	SIG
Kft vs Kft-Snc ‡	1	5213160.85	3.56	0.0687	NS
Snc vs Snc-Kft	1	14637048.16	10.01	0.0036	**
Soy vs Soy-Sud	1	80225335.08	54.85	0.0001	**
Sud vs Sud-Soy	1	64330624.45	43.98	0.0001	**
Kft vs Kft-Soy	1	85410024.72	58.39	0.0001	**
Soy vs Soy-Kft	1	11568067.77	7.91	0.0086	**

<sup>†</sup> Rendimiento de materia seca en cultivos en asociación se calcularon considerando sólo la superficie ocupada por cada cultivo en la asociación.

<sup>‡</sup> Kft = kenaf Tainung; Soy = soya; Snc = sorgo nevadura café; Sud = sorgo x sudan nevadura café; Kft-soy = kenaf en asociación con soya; soy-sud = soya en asociación con sud; soy-kft= soya en asociación con kenaf;; snc-kft = sorgo nevadura café en asociación con kft; sud-soy = sudan x sorgo nevadura café en asociación con soy; Kft-Snc = kenaf Tainung en asociación con Snc.

Cuadro A10. Comparación por contrastes de la acumulación de materia seca en el tallo de cultivos establecidos solos y en asociación.

CONTRASTE	GL	CM	Fcal	Pr > F	SIG
Kft vs Kft-Snc ‡	1	276000.76	56.59	0.0001	**
Snc vs Snc-Kft	1	110241.32	22.60	0.0001	**
Soy vs Soy-Sud	1	242901.33	49.80	0.0001	**
Sud vs Sud-Soy	1	109389.70	22.43	0.0001	**
Kft vs Kft-Soy	1	255.77	0.05	.8203	NS
Soy vs Soy-Kft	1	22842.81	4.68	0.0378	*

<sup>‡</sup> Kft = kenaf Tainung; Soy = soya; Snc = sorgo nevadura café; Sud = sorgo x sudan nevadura café; Kft-soy = kenaf en asociación con soya; soy-sud = soya en asociación con sud; soy-kft= soya en asociación con kenaf;; snc-kft = sorgo nevadura café en asociación con kft; sud-soy = sudan x sorgo nevadura café en asociación con soy; Kft-Snc = kenaf Tainung en asociación con Snc.

Cuadro A11. Comparación por contrastes de la acumulación de materia seca en la hoja de cultivos establecidos solos y en asociación.

CONTRASTE	GL	CM	Fcal	Pr > F	SIG
Kft vs Kft-Snc †	1	3285.18	0.94	.3406	NS
Snc vs Snc-Kft	1	8219.85	2.34	0.1356	NS
Soy vs Soy-Sud	1	651.67	0.19	0.6695	NS
Sud vs Sud-Soy	1	2193.33	0.62	0.4351	NS
Kft vs Kft-Soy	1	202929.47	57.76	0.0001	**
Soy vs Soy-Kft	1	18068.77	5.14	0.0300	*

† Kft = kenaf Tainung; Soy = soya; Snc = sorgo nevadura café; Sud = sorgo x sudan nevadura café; Kft-soy = kenaf en asociación con soya; soy-sud = soya en asociación con sud; soy-kft= soya en asociación con kenaf;; snc-kft = sorgo nevadura café en asociación con kft; sud-soy = sudan x sorgo nevadura café en asociación con soy; Kft-Snc = kenaf Tainung en asociación con Snc.

Cuadro A12. Comparación por contrastes de la acumulación de materia seca en los órganos reproductivos de cultivos establecidos solos y en asociación.

CONTRASTE	GL	CM	Fcal	Pr > F	SIG
Kft vs Kft-Snc †	1	887.55	0.53	0.4737	NS
Snc vs Snc-Kft	1	389.26	0.23	0.6344	NS
Soy vs Soy-Sud	1	91.18	0.05	0.8177	NS
Sud vs Sud-Soy	1	185008.76	10.948	0.060	NS
Kft vs Kft-Soy	1	39907.60	23.62	0.0001	**
Soy vs Soy-Kft	1	292220.76	172.93	0.0001	**

† Kft = kenaf Tainung; Soy = soya; Snc = sorgo nevadura café; Sud = sorgo x sudan nevadura café; Kft-soy = kenaf en asociación con soya; soy-sud = soya en asociación con sud; soy-kft= soya en asociación con kenaf;; snc-kft = sorgo nevadura café en asociación con kft; sud-soy = sudan x sorgo nevadura café en asociación con soy; Kft-Snc = kenaf Tainung en asociación con Snc.

## COSECHA 2 (106 DDS)

Cuadro A13. Comparación por contrastes del rendimiento de materia seca<sup>†</sup> de cultivos establecidos solos y en asociación.

CONTRASTE	GL	CM	Fcal	Pr > F	SIG
Mz vs Mz-Soy ‡	1	8312815.94	2.38	0.1311	NS
Mz vs Mz-Snc	1	31071987.03	8.89	0.0049	**
Snc vs Snc-Mz	1	208476154.40	59.66	0.0001	**
Kft vs Kft-Soy	1	234787162.01	67.19	0.0001	**
Soy vs Soy-Mz	1	499449.50	0.14	0.7074	NS
Soy vs Soy-Sud	1	231034878.16	66.12	0.0001	**
Soy vs Soy-Kft	1	182137478.55	52.12	0.0001	**
Sud vs Sud-Soy	1	400903805.50	114.73	0.0001	**

<sup>†</sup> Rendimiento de materia seca en cultivos en asociación se calcularon considerando sólo la superficie ocupada por cada cultivo en la asociación.

<sup>‡</sup> Kft = kenaf Tainung; Mz = maíz; Soy = soya; Snc = sorgo nevadura café; Sud = sorgo x sudan nevadura café; Kft-soy = kenaf en asociación con soya; soy-sud = soya en asociación con sud; soy-kft= soya en asociación con kenaf; soy-mz = soya en asociación con mz; sud-soy = sudan x sorgo nevadura café en asociación con soy; mz-soy = maíz en asociación con soy; mz-snc = maíz en asociación con snc; Snc-Mz = sorgo nevadura café en asociación con mz.

Cuadro A14. Comparación por contrastes de la acumulación de materia seca en el tallo de cultivos establecidos solos y en asociación.

CONTRASTE	GL	CM	Fcal	Pr > F	SIG
Mz vs Mz-Soy ‡	1	120611.83	27.40	0.0001	**
Mz vs Mz-Snc	1	9529.36	2.16	0.1493	NS
Snc vs Snc-Mz	1	42907.47	9.75	0.0034	**
Kft vs Kft-Soy	1	52852.82	12.00	0.0013	**
Soy vs Soy-Mz	1	452227.84	102.72	0.0001	**
Soy vs Soy-Sud	1	39900.73	9.06	0.0046	**
Soy vs Soy-Kft	1	17457.36	3.97	0.0500	*
Sud vs Sud-Soy	1	23278.57	5.29	0.0269	*

<sup>‡</sup> Kft = kenaf Tainung; Mz = maíz; Soy = soya; Snc = sorgo nevadura café; Sud = sorgo x sudan nevadura café; Kft-soy = kenaf en asociación con soya; soy-sud = soya en asociación con sud; soy-kft= soya en asociación con kenaf; soy-mz = soya en asociación con mz; sud-soy = sudan x sorgo nevadura café en asociación con soy; mz-soy = maíz en asociación con soy; mz-snc = maíz en asociación con snc; Snc-Mz = sorgo nevadura café en asociación con mz.

Cuadro A15. Comparación por contrastes de la acumulación de materia seca en la hoja de cultivos establecidos solos y en asociación.

CONTRASTE	GL	CM	Fcal	Pr > F	SIG
Mz vs Mz-Soy ‡	1	53574.64	24.95	0.0001	**
Mz vs Mz-Snc	1	76289.37	35.53	0.0001	**
Snc vs Snc-Mz	1	351544.69	163.73	0.0001	**
Kft vs Kft-Soy	1	92118.70	42.90	0.0001	**
Soy vs Soy-Mz	1	143968.52	67.05	0.0001	**
Soy vs Soy-Sud	1	41309.01	19.24	0.0001	**
Soy vs Soy-Kft	1	8564.22	3.99	.0500	*
Sud vs Sud-Soy	1	8611.42	4.01	0.050	*

‡ Kft = kenaf Tainung; Mz = maíz; Soy = soya; Snc = sorgo nevadura café; Sud = sorgo x sudan nevadura café; Kft-soy = kenaf en asociación con soya; soy-sud = soya en asociación con sud; soy-kft= soya en asociación con kenaf; soy-mz = soya en asociación con mz; sud-soy = sudan x sorgo nevadura café en asociación con soy; mz-soy = maíz en asociación con soy; mz-snc = maíz en asociación con snc; Snc-Mz = sorgo nevadura café en asociación con mz.

Cuadro A16. Comparación por contrastes de la acumulación de materia seca en los órganos reproductivos de cultivos establecidos solos y en asociación.

CONTRASTE	GL	CM	Fcal	Pr > F	SIG
Mz vs Mz-Soy ‡	1	897.39	0.08	0.7832	NS
Mz vs Mz-Snc	1	238726.33	20.42	0.0001	**
Snc vs Snc-Mz	1	581523.48	49.75	0.0001	**
Kft vs Kft-Soy	1	2125716.11	181.87	0.0001	**
Soy vs Soy-Mz	1	730204.22	62.47	0.0001	**
Soy vs Soy-Sud	1	1476801.14	126.35	0.0001	**
Soy vs Soy-Kft	1	1458770.43	124.81	0.0001	**
Sud vs Sud-Soy	1	2266684.78	193.93	0.0001	**

‡ Kft = kenaf Tainung; Mz = maíz; Soy = soya; Snc = sorgo nevadura café; Sud = sorgo x sudan nevadura café; Kft-soy = kenaf en asociación con soya; soy-sud = soya en asociación con sud; soy-kft= soya en asociación con kenaf; soy-mz = soya en asociación con mz; sud-soy = sudan x sorgo nevadura café en asociación con soy; mz-soy = maíz en asociación con soy; mz-snc = maíz en asociación con snc; Snc-Mz = sorgo nevadura café en asociación con mz.