



**“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
(UNA)
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
(FACA)**

**DEPARTAMENTO SISTEMAS INTEGRALES
PRODUCCION ANIMAL**

TESIS

**EFFECTO DE DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA Y ALTURAS DE
CORTE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN
QUÍMICA DE *Cratylia argentea***

POR:

**FRANCIS PASQUIER FLORES
MILDRED ROJAS VALLECILLO**

TUTOR: NADIR REYES SANCHEZ Ph.D.

MANAGUA, NICARAGUA- NOVIEMBRE, 2006



**“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
(UNA)
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
(FACA)
DEPARTAMENTO SISTEMAS INTEGRALES
PRODUCCION ANIMAL**

**EFFECTO DE DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA Y ALTURAS DE
CORTE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN
QUÍMICA DE *Cratylia argentea***

Tesis sometida a la consideración del Consejo de Investigación y Desarrollo (CID), de la Facultad de Ciencia Animal (FACA) de la Universidad Nacional Agraria (UNA), para optar al grado de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

POR:

**Bra. FRANCIS PASQUIER FLORES
Bra. MILDRED ROJAS VALLECILLO**

MANAGUA, NICARAGUA- NOVIEMBRE, 2006

Esta tesis fue aceptada en su presente forma por el Consejo de Investigación y Desarrollo (CID) de la Facultad de Ciencia Animal (FACA) de la Universidad Nacional Agraria (UNA), y aprobada por el Honorable Tribunal Examinador nombrado para tal efecto, como requisito parcial para optar al grado de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

MIEMBROS DEL TRIBUNAL:

Presidente

Ing. Carlos Ruíz Fonseca MSc.

Secretario

Ing. Miguel Matus López MSc.

Vocal

Ing. Domingo José Carballo MSc.

TUTOR:

Nadir Reyes Sánchez Ph.D.

SUSTENTANTES:

Bra. Francis Pasquier Flores

Bra. Mildred Rojas Vallecillo

CARTA DEL TUTOR

Por este medio hago constar que las Bachilleras: Francis Yahoska Pasquier Flores y Mildred José Rojas Vallecillo han concluido satisfactoriamente su trabajo de tesis titulado **Efecto de diferentes densidades de siembra y alturas de corte sobre la producción de biomasa y composición química de *Cratylia argentea***. Habiendo cumplido cabalmente con los objetivos planteados en el mismo.

Durante el transcurso de la investigación las bachilleras Pasquier Flores y Rojas Vallecillo se caracterizaron por su responsabilidad, creatividad e independencia para realizar todas las actividades de campo y el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados.

En tal sentido, considero que este trabajo cumple con los requisitos necesarios para ser sometido a la consideración del honorable tribunal examinador para optar al grado de **Ingeniero Zootecnista**.

Nadir Reyes Sánchez PhD

DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación a Dios quien nos dio la oportunidad de finalizar nuestros estudios con éxito y a nuestras madres y hermanos quienes estuvieron en todo momento a nuestro lado recibiendo de su parte todo su apoyo.

Francis Pasquier Flores

Mildred Rojas Vallecillo

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a Dios padre celestial creador del universo por habernos dado la vida y concedernos el privilegio de finalizar nuestra carrera.

A nuestro tutor con mucho entusiasmo, el Dr. Nadir Reyes quien deposito su plena confianza y cariño en nosotras y nos inspiro a seguir luchando para alcanzar nuestras metas.

Al pueblo y gobierno de Suecia por el apoyo financiero para la realización de nuestra investigación.

A la Lic. Damaris Mendieta por su apoyo incondicional en los momentos que necesitamos.

A nuestros compañeros Sandra Quintanilla Estrada y Jasser Ruiz Nicaragua por su colaboración extrema en el transcurso de nuestros años universitarios.

Francis Pasquier Flores

Mildred Rojas Vallecillo

INDICE

	Página
Dedicatoria.....	I
Agradecimientos.....	ii
Resumen.....	iii
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	3
III. Revisión Bibliografica.....	4
3.1. Factores que pueden influenciar la producción de biomasa en árboles y arbustos forrajeros.....	6
3.1.1 Tolerancia inherente a la defoliación frecuente.....	6
3.1.2 Edad al primer corte.....	7
3.1.3. Altura de corte.....	7
3.1.4. Frecuencia de corte.....	8
3.1.5.Densidad de plantas.....	8
3.1.6.Época del año y estado fisiológico.....	9
3.2. <i>Cratylia argentea</i>	9
3.2.1 Origen, taxonomía y distribución.....	9
3.2.2. Manejo agronómico.....	11
3.2.2.1. Propagación.....	11
3.2.2.2. Adaptación.....	12
3.2.3. Producción de biomasa.....	13
3.2.4. Calidad nutritiva de <i>C. argentea</i>	15
3.2.5. Tolerancia a la sequía.....	16
3.2.6. Producción de semilla.....	17
3.2.7. Respuesta a la inoculación.....	19
3.2.8. Plagas y enfermedades.....	20
IV. Materiales y métodos.....	21
4.1. Localización del ensayo.....	21
4.2. Suelo y clima.....	21
4.3.Descripción del ensayo.....	22
4.4. Preparación del suelo y siembra.....	23

4.5. Manejo del ensayo.....	24
4.6. Metodología Experimental.....	24
4.7. Modelo Estadístico.....	25
4.8. Descripción de las variables.....	25
4.8.1. Producción de Materia Fresca Total (t/ha/año).....	25
4.8.2. Contenido de Materia Seca (%).....	25
4.8.3. Producción de Materia Seca Total (t/ha/año).....	26
4.8.4. Altura promedio de la planta.....	26
4.9 .Análisis Químicos.....	26
4.10. Análisis Estadístico.....	27
 V. Resultados y discusión.....	 28
5.1. Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la producción de biomasa.....	28
5.2. Producción estacional de materia seca.....	31
5.3. Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la composición química de <i>Cratylia argentea</i>	33
VI. Conclusiones.....	36
VII.Recomendaciones.....	37
VII. Referencias Bibliograficas.....	38

LISTA DE TABLAS

Tablas	Página
1. Características morfológicas y fisiológicas de la especie <i>C. argentea</i> con respecto al potencial forrajero.....	10
2. Sitios y características de clima y suelos del trópico Latinoamericano donde se ha evaluado <i>C. argentea</i> en años recientes.....	12
3. Materia seca disponible (kg/ha/año) y relación tallo-hoja en leguminosas arbustivas seleccionadas en el cerrado brasileño, Planaltina, DF.....	13
4. Rendimientos promedios de MS de accesiones de <i>Cratylia argentea</i> en diferentes localidades en Latinoamericano.....	14
5. Variación en composición química y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS) entre accesiones de <i>C. argentea</i>	15
6. Leguminosas arbustivas con buen comportamiento agronómico y alto índice de retención de hojas superior que 25% en el segundo el período seco.....	17
7. Rendimiento de semillas de <i>C. argentea</i> en Quilichao, Colombia.....	18
8. Respuesta de <i>C. argentea</i> CIAT 18516 a la inoculación con <i>Bradyrhizobium</i> (CIAT 3561).	19
9. Descripción de los tratamientos.....	24
10. Efecto de la densidad de siembra sobre la producción de biomasa de <i>Cratylia argentea</i>	28
11. Efecto de la altura de corte sobre la producción de biomasa de <i>Cratylia argentea</i>	29
12. Efecto de la densidad de siembra sobre la composición química de <i>Cratylia argentea</i>	34
13. Efecto de la altura de corte sobre la composición química de <i>Cratylia argentea</i>	35

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Distribución mensual de la precipitación y temperatura media durante el periodo experimental (Junio2005-Junio 2006).....	22
2. Efecto de las diferentes densidades de siembra sobre la Producción de Materia Seca Total (t/ha)por meses de corte.....	33

LISTA DE ANEXOS

Anexo

- 1 A. Análisis de varianza para la Produccion de Materia Fresca Total (PMFT)
- 2 A. Análisis de varianza para la Producción de Materia Seca Total (PMST)
- 3 A. Análisis de varianza para las alturas de las plantas.
- 4 A. Análisis de varianza del Porcentaje de Materia Seca (% MS)
- 5 A. Análisis de varianza para el Porcentaje de Proteína Bruta (% PB)
- 6 A. Análisis de varianza para el Porcentaje de Fibra Detergente Ácido (% FDA)
- 7 A. Análisis de varianza para el Porcentaje Fibra Detergente Neutro (%FDN)
- 8 A. Análisis de varianza para el Porcentaje de Digestibilidad *In Vitro* de Materia Seca (%DIVMS)
- 9 A. Análisis de varianza para el Porcentaje de Hemicelulosa

Pasquier Flores, F; Rojas Vallecillo, M. 2006. Efecto de diferentes densidades de siembra y alturas de corte sobre la producción de biomasa y composición química de *Cratylia argentea*. Tesis para optar al grado de Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua.

Palabras claves: altura de corte, composición química, *Cratylia argentea*, densidad de siembra, producción de biomasa.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la finca Santa Rosa, propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Departamento de Managua, localizada geográficamente a 12°08'15" latitud Norte y a 86°09'36" longitud Este, en el período Julio 2005-Julio 2006. Se evaluó el efecto de tres densidades de siembras (40 000, 20 000 y 10 000 plantas/ha) y tres alturas de corte (20, 40 y 60 cm.) sobre la producción de biomasa y composición química de *Cratylia argentea*. Se utilizó un diseño experimental de Bloque Completamente al Azar con 4 repeticiones con arreglo de Parcelas Divididas, a las parcelas principales se les asignó la densidad de plantas y a las subparcelas las alturas de corte. Los resultados del análisis de varianza ($p < 0.05$) mostraron que la densidad de siembra de 40 000 plantas/ha presentó estadísticamente ($P < 0.05$) diferencias altamente significativas dando los mayores rendimientos para Materia Fresca Total (58.9 t/ha/año), Materia Seca Total (17.6 t/ha/año) y Altura de Planta (97.5 cm). No se encontró diferencias significativas entre densidades de siembra en contenido de MS, FDN, FDA y DIVMS, sin embargo, la densidad de siembra de 20 000 plantas/ha, presentó el mayor ($P < 0.05$) contenido de PB (21.1%). La altura de corte de 60 cm mostró significativamente ($P < 0.05$) los mejores resultados para MFT (57.5 t/ha/año), MST (18.1 t/ha/año) y Altura de Plantas (115.6 cm). No se encontró diferencias estadísticas entre alturas de corte para contenido de MS y hemicelulosa, no obstante la altura de corte de 20 cm mostró el mayor ($P < 0.05$) contenido de PB (22.6%) y DIVMS (60.8%). La altura de corte de 60 cm presentó los mayores ($P < 0.05$) contenidos de FDN (51.6%) y FDA (37.7%). No se encontró interacción entre densidades de siembra y alturas de corte.

I. INTRODUCCIÓN

La economía de los países centroamericanos en general y de Nicaragua en particular esta basada en productos de agro-exportación. La ganadería es un rubro de gran importancia que contribuye en la alimentación de la población nicaragüense y en la obtención de divisas a través de la exportación de carne y leche. El área dedicada a las pasturas en el país asciende a 3 045 520.3 hectáreas de las cuales el 55 % corresponde a pastos naturales y el 45% corresponde a pastos mejorados o naturalizados. La población de ganado vacuno asciende a 2 657 039 cabezas lo que indica una relación de carga animal de 0.87 cabezas por hectárea (CENAGRO, 2002).

Según el Banco Central de Nicaragua (BCN, 2003), la producción ganadera constituye el 7.4% del Producto Interno Bruto (PIB) Nacional y representa alrededor de 41% del PIB agropecuario. La producción de leche en Nicaragua ha aumentado un 81 % en los últimos diez años, en el mismo período, la exportación de productos lácteos aumentó 122 % y la importación disminuyó un 28.7 % (MAGFOR, 2004). Sin embargo, a nivel de fincas existen muchas limitantes para aumentar la productividad de los sistemas de producción bovina: baja cantidad y calidad de los pastos tropicales, bajos índices productivos y reproductivos e inadecuadas prácticas de nutrición y manejo de las pasturas, entre otros.

Una estrategia potencial de los pequeños y medianos productores, para incrementar la disponibilidad y calidad de los alimentos para rumiantes puede ser a través de la utilización de árboles y arbustos forrajeros (Pezo, 1981). Casi siempre la productividad animal es mayor en los sistemas de producción que incluyen leguminosas arbustivas que en aquellos que solo utilizan gramíneas debido a un mayor contenido proteico de las leguminosas. (Binder, 1997)

Las leguminosas forrajeras arbustivas tienen gran potencial para mejorar los sistemas de producción animal por que su rendimiento de forraje es mayor que las leguminosas herbáceas, pueden tolerar mejor el mal manejo y algunas tienen capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de buena calidad en localidades de sequía prolongada (Perdomo, 1991). Una de estas leguminosas arbustivas es *Cratylia argentea* que alcanza un rendimiento

de MS entre 14 y 21 t/ha/año (Xavier y Carvalho, 1996; Pizarro *et al.*, 1996), contenido de PB entre 15 y 28%, tolerante a la sequía (Queiroz y Coradin, 1996), con alta capacidad de rebrote y retención foliar durante la época seca (Argel, 1996).

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Generar información sobre alternativas de solución viables que coadyuven a resolver la problemática de la alimentación bovina tanto en cantidad como en calidad, principalmente durante la época seca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el efecto de diferentes densidades de siembra y alturas de corte sobre la Producción de Materia Fresca Total (MFT) y Producción de Materia Seca Total (MST) y Altura de las plantas de *Cratylia argentea*.

Determinar el efecto de diferentes densidades de siembra y alturas de corte sobre el contenido de Materia Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), Hemicelulosa y Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca (DIVMS) de *Cratylia argentea*.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En los últimos 20 años, casi todos los países de América Tropical han mostrado incrementos en la producción total de leche y carne, pero ellos se han debido más a aumentos en el área dedicada a pasturas permanentes y en la población de animales, que a incrementos en la productividad de los mismos (FAO, 1991), pues la mayoría de los índices zootécnicos han tendido a mantenerse bajos y con pocos cambios (Mahadevan, 1984).

Los sistemas de producción de rumiantes en estas áreas dependen en gran medida de los recursos forrajeros, dado que en la mayoría de ellos al menos un 90 % de los nutrientes requeridos por los animales son derivados de las pasturas. En efecto, algunos pueden atribuir en cierta medida esta problemática de baja productividad de los sistemas ganaderos a la degradación de las pasturas y la consecuente declinación en el potencial productivo de las mismas (Blanco, 1991). Este problema es bastante serio, ya que se estima que a lo menos el 50% de las áreas de pastoreo están en estadios avanzados de degradación (Serrao y Toledo, 1990).

En los últimos años se ha tomado mayor conciencia sobre la necesidad de rehabilitar o renovar las pasturas degradadas, como una condición para intensificar los sistemas de producción animal en las áreas ya deforestadas, lo cual debe contribuir a la prevención de un mayor deterioro de la base de los recursos naturales al reducirse la presión sobre las áreas de bosque. En este contexto, Serrao (1991), sugiere que el uso de tecnologías apropiadas para la intensificación de dichos sistemas debe resultar en un incremento considerable en la productividad y sostenibilidad de los mismos, llegando a sugerir que si se aplicaran tecnologías de intensificación adecuadas, con solo el 50% del área actualmente utilizada en pasturas se podría producir la proteína animal necesaria para cubrir la demanda interna de la región e incluso quedaría un margen para la exportación.

Las producciones sostenibles por los pastos tropicales dependen de su consumo y valor nutritivo, no obstante, las épocas secas son detrimentales de la calidad nutritiva de los forrajes, lo cual se manifiesta en marcadas disminuciones en el contenido de proteína bruta, la digestibilidad y el consumo, así como en incrementos importantes en las fracciones fibrosas (Pezo, 1982).

En Nicaragua, aunque las especies de pastos mejorados son relativamente disponibles, los pastos naturales y naturalizados son más comunes pero tienen baja productividad y pobre valor nutritivo (bajo contenido de PB y baja digestibilidad) principalmente durante la estación seca. A pesar del bajo valor nutritivo de las especies de gramíneas naturales, son relativamente pocos los productores que utilizan árboles y arbustos forrajeros en la alimentación del ganado (Mendieta *et al.*, 2000).

Los árboles y arbustos forrajeros son un valioso recurso en sistemas agroforestales para mejorar la productividad de los sistemas ganaderos. Poseen muchas características que los convierten en una opción viable para pequeños y medianos productores, entre ellas: longevidad, alta producción de biomasa, vigorosa capacidad de rebrote, alta tasa de crecimiento, tolerancia a la sequía, alta retención de hojas durante la época seca, sistema radicular profundo, controlan la erosión en suelos de ladera, alto contenido proteína digerible en hojas y tallos, bajo costo de mantenimiento. Además, sirven como sombra para los animales, cercas vivas, cortinas rompevientos y son fuente de madera y leña para uso doméstico o industrial y proporcionan frutos para el consumo humano (Rachie, 1983; Atta-Krah y Sumberg, 1988).

Las leguminosas forrajeras arbustivas tienen gran potencial para mejorar los sistemas de producción animal, particularmente en zonas del trópico con 4 a 6 meses de sequía; su rendimiento de forraje es mayor que las leguminosas herbáceas; toleran mejor el mal manejo y tienen la capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de buena calidad en localidades con sequías prolongadas (Argel *et al.*, 2001). Además, las leguminosas tienen la capacidad de fijar nitrógeno y mejorar la estructura física del suelo al incorporar la materia orgánica (Lobo y Díaz, 2001).

Desde el punto de vista ecológico, el uso de árboles leguminosos puede contribuir a mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas existentes, mediante un aumento en el rendimiento de pastos asociados, o bien indirectamente, a través de la alimentación de los animales que comen el follaje de los árboles. Desde el punto de vista económico, el sistema se favorecería con aumento y la diversificación de la producción. En muchos lugares del trópico se ha demostrado la factibilidad del uso de los sistemas silvopastoriles, principalmente de los que preconizan las asociaciones de

árboles con pastos, bancos de proteína y forrajeros y el pastoreo en plantaciones forestales y frutales (Iglesias, 1998).

El empleo de leguminosas en sistemas para la alimentación animal puede constituir una alternativa para el ahorro de insumos como la fertilización nitrogenada, concentrados, agua y energía, entre otros, además de poder participar en todos los procesos para la obtención de alimentos (Ruiz y Flebes, 1998).

Una de las principales limitaciones al mayor uso de las leguminosas arbustivas en los sistemas de producción es su lento establecimiento. Aunque este factor puede reducir el uso de las áreas de pastoreo durante el período de establecimiento, es posible manejarlo en sistemas de explotación agrícola mixta intensiva, mediante la introducción de leguminosas arbustivas en una de las fases de cultivo (Kerridge y Lascano, 1996).

3.1. Factores que pueden influenciar la producción de biomasa en árboles y arbustos forrajeros

En la literatura consultada se demuestra que entre los factores que influyen en el desempeño de las plantas sometidas a defoliación se deben considerar: la capacidad inherente de las especies a soportar defoliación continua, la frecuencia e intensidad de los cortes, la estación del año, la edad al primer corte de las especies de crecimiento lento y la densidad de población. Dependiendo de la especie y el medio ambiente, las interacciones entre estos factores pueden tener efectos significativos.

3.1.1. Tolerancia inherente a la defoliación frecuente

Entre las especies arbustivas y las arbóreas existen diferencias relacionadas con su capacidad para tolerar la defoliación frecuente. Aparentemente, algunas especies, no toleran cortes frecuentes y otras no toleran cortes del tallo principal. (Hairiah *et al.*, 1992; Stur *et al.*, 1994). Esta tolerancia está relacionada con el número de yemas cerca de la superficie del suelo, por lo tanto una especie poco tolerante al corte del tallo principal, puede utilizarse mediante la poda de las ramas laterales (Stur *et al.*, 1994). También existen diferencias intraespecíficas a nivel de las diferentes accesiones o

proveniencias. Heering (1995) observó que algunas accesiones de *Sesbania sesban* no podían mantener el alto nivel de producción inicial después de realizar varios cortes.

3.1.2. Edad al primer corte

Rebrotar con vigor después de un corte requiere que los arbustos y árboles hayan desarrollado suficientemente su sistema radicular para soportar el rebrote. Por lo tanto, realizar el primer corte demasiado temprano (en estado inmaduro) o demasiado tarde (en estado senescente) puede reducir el vigor del rebrote significativamente (Steinmuller, 1995). Los rendimientos foliares y leñosos de varias especies durante el año posterior al primer corte (entre 13 y 21 meses después de la siembra) aumentaron a medida que la edad al primer corte fue mayor (Ella *et al.*, 1991; Sturr *et al.*, 1994).

Sin embargo, Blair *et al.*, (1990), encontró que esto no ocurrió con las especies de crecimiento inicial relativamente rápido (*Sesbania grandiflora* y *Calliandra calothyrsus*) mientras que en las especies perennes (*Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*) las plantas que fueron cosechadas por primera vez a los 21 meses de edad alcanzaron los rendimientos más altos en las cosechas subsiguientes, concluyendo que en especies semiperennes, así como en especies de crecimiento inicial relativamente rápido, no se esperaría un mayor efecto en el rendimiento de materia seca por mayor edad al primer corte.

3.1.3. Altura de corte

La altura de corte refleja la intensidad de defoliación ya que determina la cantidad de tallos y hojas residuales. Varios autores (Costa y Oliveira, 1992; Trujillo, 1992; Hairiah *et al.*, 1992) han encontrado que la producción de MS aumenta con la altura de corte, independientemente de la frecuencia de corte. Ncamihigo y Brandelard (1993) observaron que la altura de corte fue el factor de manejo que más influyó en la producción de MS foliar y total de *Leucaena leucocephala* cv. Perú y *Calliandra calothyrsus*, cuando se cortaron a 0, 50 y 100 cm; cada 3, 4 y 6 meses. En la mayoría de los trabajos revisados por Blair *et al* (1990), las alturas de corte más altas se relacionaron con altos rendimientos de MS, estando la altura de corte óptima entre 90 y 120 cm.

3.1.4. Frecuencia de corte

Otro atributo importante para definir el patrón de defoliación es la frecuencia, la cual puede verse tanto a nivel de la pastura como de los individuos que constituyen esa comunidad vegetal (Pezo *et al.*, 1992). En general se considera que el intervalo de corte tiene más influencia que la altura de corte sobre el rendimiento total de MS (Sturr *et al.*, 1994). Horne *et al.*, (1986) consideran que la escogencia previa de los estados de rebrote (altura del rebrote encima del corte anterior, diámetro del tallo, inicio de floración) indican mejor el momento adecuado de cosecha, que intervalos fijos de corte.

Muchos estudios reportan que intervalos de corte más espaciados resultan en mayores rendimientos de biomasa, aunque con una menor proporción hoja/tallo (Blair *et al.*, 1990; Horne *et al.*, 1986; Sturr *et al.*, 1994). Sin embargo, Lazier (1981) reporta que la máxima producción de MS en arbustos forrajeros ocurre a intervalos de corte menos espaciados.

3.1.5. Densidad de plantas

La densidad de plantas y la distribución espacial son factores que dificultan la interpretación de los resultados de producción en especies arbustivas. La alta densidad dentro de líneas de siembra parece afectar negativamente los rendimientos de *Leucaena leucocephala* (Blair *et al.*, 1990). Por otro lado, Ivory (1990) reportó rendimientos de MS más altos con mayor densidad dentro de líneas de siembra para varias especies.

Parece que, igual a la configuración de siembra de bloque, existe un rango amplio de rendimiento máximo por metro lineal, donde la menor densidad de plantas se compensa por mayor rendimiento individual. Además de la densidad, la configuración de siembra de las plantas también puede afectar los rendimientos de MS, se han observado mayores rendimientos por área cuando las plantas se siembran en bloques, en comparación con la siembra en líneas, es importante resaltar que en la evaluación de especies forrajeras ambos tipos de distribución (en líneas o en bloques) son útiles con respecto a un sistema de utilización; el primero, en sistemas de barreras vivas o en cultivos en callejones, mientras que el segundo lo es en bancos de proteína y en sistemas de barbecho mejorado (S. McLennan citado por Maass *et al.*, 1996).

3.1.6. Época del año y estado fisiológico

Existen diferencias en el efecto de defoliación según la estación del año (húmeda o seca) y del estado fisiológico de la planta (reproductivo o vegetativo). Hernández y Benavides (1994) realizaron podas estratégicas en cercos vivos de *Gliricidia sepium* para la producción de forraje en la época seca, ellos encontraron que los cortes al final de la época lluviosa impidieron la floración de los árboles y permitieron así disponer de forraje verde durante la época seca.

3.2. *Cratylia argentea*

3.2.1. Origen, taxonomía y distribución

Cratylia es un género neo-tropical originario de la América del Sur, aunque es esencialmente extra-amazónico. Su ocurrencia se ha reportado en Perú, Argentina, Bolivia y en varios estados de Brasil, principalmente Paraná, Mato Grosso, Goiás, Ceará y sur de Tocantins. Se cree que este género es de origen reciente debido a que no se ha encontrado en el margen izquierdo del río Amazonas, ni al oeste de la cordillera de los Andes, por lo tanto, el género probablemente surgió después de la formación de estos dos grandes ecosistemas durante el plio-pleistoceno (Queiroz y Coradin, 1996).

La taxonomía del género todavía está aun en proceso de estudio, sin embargo, actualmente se han identificado cinco especies: *Cratylia bahiensis*, *Cratylia hypargyrea*, *Cratylia intermedia*, *Cratylia mollis* y *Cratylia argentea*. Se considera que sólo las dos últimas especies tienen potencial forrajero, debido a que las primeras son plantas tipo enredaderas, poco ramificadas y con poca biomasa foliar disponible. Sin embargo, ellas pueden ser valiosas fuentes de genes para los suelos alcalinos (*Cratylia hypargyrea*), o para la tolerancia al frío (*Cratylia intermedia*). Esta leguminosa pertenece a la familia leguminosae, subfamilia papilionoideae, tribu phaseoleae, y subtribu diocleinae (Queiroz y Coradin, 1996).

En la Tabla 1 se describen hábitos de crecimiento, sistemas de ramificación y persistencia de las hojas en la época seca de diferentes especies del género *Cratylia*,

siendo estas características morfológicas y fisiológicas de mucha importancia para su utilización como forraje (Argel y Maass, 1995).

Tabla 1. Características morfológicas y fisiológicas de la especie *C. argentea* con respecto al potencial forrajero (Adaptado de Queiroz y Coradin, 1996)

Especies	Hábito	Sistema de Ramificación	Persistencia de hojas En época seca
<i>C. argentea</i>	Arbusto 1.5 – 3 m	Alta desde la base	Persistente
<i>C. bahiensis</i>	Liana de casi 5 m	Baja	Semi – persistente
<i>C. hypargyrea</i>	Liana de casi 8 m	Baja	Esta especie ocurre en las áreas sin estación seca definida
<i>C. mollis</i>	Arbusto 1.5 – 3 m	Alta desde la base	Persistente

Cratylia argentea es un arbusto leñoso de crecimiento voluble que puede convertirse en enredaderas cuando crece junto a plantas de mayor altura. El arbusto tiene la cualidad de ramificar desde la base del tallo y puede tener hasta 11 ramas por planta (Maass, 1996). Las hojas son trifoliadas y estipuladas, y poseen consistencia papirácea con abundante pubescencia plateada en el envés; sin embargo, parece que en sitios con promedio de temperatura menor de 18° C, estas presentan menos pubescencia (Argel *et al.*, 2001). Los folíolos son membranosos o coriáceos con los dos laterales ligeramente asimétricos, la inflorescencia es unseudoracimo noduloso con seis a nueve flores por nódulo; las flores varían entre 1.5 y 3 cm. con pétalos de color lila y el fruto es una legumbre dehiscente que contiene de 4 a 8 semillas en forma lenticular, circular o elíptica (Queiroz y Coradin, 1996). Cien semillas de esta leguminosa pesan aproximadamente 22 gr. Lo que equivale a 4 500 semillas/ kg (Argel *et al.*, 2001). Estas son de color café claro, pero en ocasiones se encuentra un porcentaje variable de semillas de color café oscuro, lo cual parece estar asociado con alta humedad relativa al momento de la maduración.

Cratylia argentea ha sido evaluada y seleccionada por su buena adaptación en suelos con sequías prolongadas y suelos ácidos de baja fertilidad en varias regiones del trópico de América Latina (Argel y Lascano, 1998; Perdomo, 1991; Schultze-Kraft, 1996). Se considera que esta especie tiene una amplia distribución en América del Sur, porque ha

estado durante mucho tiempo presente en el Amazona y en áreas de Perú, Bolivia y el nordeste de Argentina (Queiroz, 1991).

Se caracteriza por su amplia adaptación a zonas bajas tropicales, se ha observado en alturas de hasta 950 msnm, pero se ha considerado que el mayor rango de ocurrencia se encuentra entre los 300 y 800 msnm de altura en los ecosistemas de Cerrado, Caatinga y Matas de Brasil, con sequías hasta de 6 meses y casi siempre en suelos pobres y ácidos de baja fertilidad del tipo ultisol y oxisol. Bajo estas condiciones, produce buenos rendimientos de forraje bajo corte y tiene la capacidad de rebrotar durante el período seco debido a un desarrollo radicular vigoroso (Argel y Maass, 1995; Queiroz y Coradin, 1996).

3.2.2. Manejo agronómico

3.2.2.1. Propagación

C. argentea se propaga fácilmente por semilla; por el contrario, la propagación por estacas no ha sido exitosa. Así lo demuestra el estudio realizado con un total de 600 estacas de *C. argentea* CIAT 18675 de 1.3 + 0.5 cm de diámetro, provenientes de plantas de cuatro años de edad las cuales se sumergieron en agua durante 24 horas y se trataron con 200 mg/gr de ANA, durante dos horas con el fin de evaluar su capacidad de multiplicación, encontrándose que el 1% de las estacas emitieron raíces y el 0.5 % emitieron brotes de hojas a los 50 días después del tratamiento (Pizarro *et al.*, 1996).

El arbusto produce semilla de buena calidad y sin marcada latencia física (dureza) o fisiológica; por lo tanto, la semilla no necesita escarificación previa a la siembra, inclusive se ha observado que la escarificación con ácido sulfúrico reduce la viabilidad de la misma (Maass, 1996). *C. argentea* responde muy bien al establecimiento bajo el método de siembra directa en el campo en condiciones de labranza mínima o después de una preparación convencional con arado y pase de rastra. La siembra con semilla debe hacerse muy superficial, a no más de 2 cm de profundidad ya que siembras más profundas causan pudrición de la semilla, retardan la emergencia de las plántulas y producen plantas con menor desarrollo radicular. Por otro lado, también se puede

establecer a través de la elaboración de un almácigo en bolsas para su posterior traslado al campo (Argel, 1996).

El crecimiento inicial de *Cratylia* es lento por lo menos durante los dos primeros meses después del establecimiento, a pesar de que el vigor de la plántula es mayor que el de otras leguminosas arbustivas como *L. leucocephala*, lo cual puede estar asociado a la fertilidad del suelo y a la inoculación o no de la semilla con la cepa apropiada de *Rhizobium*.

3.2.2.2. Adaptación

C. argentea es una especie que se adapta mejor a climas del trópico bajo y probablemente tiene un límite de adaptación a la altura sobre el nivel del mar. Se han realizados estudios de adaptación en diversos ambientes muy contrastantes tanto edáficamente como climáticamente.

Tabla 2. Sitios y características de clima y suelos del trópico Latinoamericano donde se ha evaluado *C. argentea* en años recientes.

País	Sitio	Precipitación		Suelo			Tipo
		mm/año	Meses secos	pH	Al (%)	P (ppm)	
Costa Rica	San Isidro	2900	3-4	4.6	73	2.4	Ultisol
	Atenas	1600	5-6	5.9	0	3.6	Inceptisol
	Guápiles	4000	0	5.5	2	8.3	Inceptisol
México	Isla	997	5-6	4.8	ND	13.5	Ultisol
Guatemala	Petén	1800	4-5	5.4	ND	0.8	ND
Colombia	Quilichao	1800	4-5	3.8	87	2.5	Ultisol
	Libertad	2891	3-4	4.2	73	2.3	Oxisol
	Carimagua	2100	3-4	4.1	86	1.5	Oxisol
	Caquetá	3464	1-2	4.5	62	5.7	Oxisol
Brasil	C. Pacheco	1500	5-6	4.7	ND	1.9	Latosol
Perú	Pucallpa	1770	3-4	4.4	81	2.0	Ultisol
Nicaragua*	Managua	1400	5-6	7.3	ND	13.0	Inceptisol
Nicaragua**	Nva Guinea	2550	3-4	4.5	ND	0.19	Oxisol

Fuente: Argel y Valerio, 1996.

* Reyes et al., 2006

** Miranda y Reyes, 2004

Los sitios y las características climáticas de los suelos dónde esta especie se ha evaluado en los últimos años se presentan en la Tabla 2. Se observa mucha variabilidad en la duración de la estación seca y la precipitación anual que varían desde 997 mm en Isla, México, a 4 000 mm en Guapiles, Costa Rica. Los suelos varían desde oxisoles subsecuentemente infértiles (Carimagua, Colombia) al inceptisol de mediana fertilidad (Atenas, Costa Rica), así como suelos que tienen contenidos variables de acidez, fósforo (P) y aluminio (Al).

3.2.3. Producción de biomasa

En la Tabla 3 se puede observar alta variabilidad en la producción de materia seca y en la relación tallo-hoja, en diferentes ecotipos de *C. argentea* (Pizarro et al. 1996). Lo anterior puede estar asociado a la fertilidad del suelo y a la inoculación o no de la semilla con la cepa apropiada de rhizobium. Aparentemente existe una interacción genotipo x ambiente, dado que en evaluaciones realizadas en diferentes sitios las accesiones estudiadas no mantienen el mismo orden en términos de producción de biomasa (Argel y Maass, 1995).

Tabla 3. Materia seca disponible (kg/ha/año^{*}) y relación tallo-hoja en leguminosas arbustivas seleccionadas en el cerrado brasileño, Planaltina, DF.

Especie	Ecotipo CIAT	Hojas	Tallos	Planta completa	Relación tallo-hoja
<i>C. argentea</i>	18675	1572 a ^{**}	575 abc	1247 ab	2.69 abc
	18674	1450 ab	440 bc	1890 ab	3.09 a
	18676	1185 ab	655 abc	1842 ab	1.88 bcde
	18668	1175 ab	872 ab	2045 ab	1.37 e
	18667	980 ab	317 bc	1297 ab	2.95 ab
	18957	795 ab	572 abc	1367 ab	1.67 cde
	18666	640 ab	425 bc	1067 ab	1.49 de
	18673	547 ab	217 c	765 b	2.51 abcd
	18516	320 b	150 c	470 b	2.06 abcde

* Precipitación acumulada en el periodo = 1295 mm

** Valores en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa (P<0.05)

Fuente: Pizarro *et al.* 1996.

Xavier *et al.*, (1990) encontraron que en las condiciones de suelo ácido con concentraciones altas de aluminio (Coronel Pacheco, Brasil) el crecimiento acumulativo

a edades de 21, 42 y 63 días después del corte de uniformidad el crecimiento fue insignificante; en cambio a los 84 días después del corte de uniformidad, el rendimiento de MS por planta fueron 297 g/planta, equivalente a 4 ton/ha y la producción máxima de forraje ocurrió a los 189 días de edad con 1 073 gr MS/planta equivalente a 14 t MS/ha, este corte coincidió con el inicio del período de escasez de forraje.

C. argentea (CIAT 18516) en evaluaciones comparativas con otras especies, superó en rendimientos a *Gliricidia sepium* y *Desmodium velutinim* en condiciones de suelos ácidos pobres de Quilichao (Colombia), pero fue inferior en rendimientos a *Flemingia macrophylla* (Maass, 1996).

Durante la última década una colección de 11 accesiones ha sido o esta siendo evaluada en muchos lugares de Colombia, Brasil y Costa Rica (Tabla 4). La colección de *C. argentea* que se conserva en el CIAT contiene 11 accesiones diferentes, originarias de regiones aisladas del Brasil, las accesiones CIAT 18666 hasta 18676 fueron recolectas en 1984 en los ecosistema de Cerrado y Bosque en sitio de matorral de bordes de carretera o de bosques de galería, con una precipitación anual entre 1 300 y 1 650 mm en cinco meses de época seca (Maass, 1989).

Tabla 4. Rendimientos promedios de MS de accesiones de *C. argentea* en diferentes localidades en Latino América (CIAT, 1995; Maass, 1996; Pizarro *et al.*, 1996).

CIAT No	MS (g/planta)			
	Costa Rica (*)		Colombia** Quilichao	Brasil*** Planaltina
	Atenas	San Isidro		
18667	193	133	85	216
18676	184	200	183	307
18673	184	28	108	127
18674	183	73	138	315
18668	172	206	272	340
18672	164	48	136	Nd
18666	163	191	104	177
18957	154	40	160	227
18516	145	117	98	78
18675	126	35	193	357
18671	121	30	149	Nd
Promedio	163	100	148	

* El promedio de 7 y 5 cortes en Atenas y San Isidro respectivamente.

** El promedio 2 cortes.

*** Acumulado en 1 año.

Las 11 accesiones evaluadas de *C. argentea* tienen características morfológicas similares y han mostrado buena adaptación a un amplio rango de climas y suelos, en particular a suelos ácidos pobres con alto contenido de aluminio tipo ultisol y oxisol; sin embargo, el mayor vigor se reporta en condiciones de trópico húmedo con suelos de mediana a buena fertilidad. Como mencionamos anteriormente existe una interacción genotipo x ambiente, dado que, a través de sitios, las accesiones evaluadas no mantienen el mismo orden en términos de producción de biomasa. No obstante, las accesiones CIAT 18668, 18676 y 18666 tienden a mostrar rendimientos más altos y estables a través de sitios, incluyendo suelos ácidos con alta saturación de aluminio (Argel, 1995; Maass, 1996).

3.2.4. Calidad nutritiva de *C. argentea*

La calidad nutritiva de *C. argentea* se ha evaluado a través de pruebas agronómicas en las cuales se analizó la calidad forrajera en términos de N, P, Ca, DIVMS y polifenoles, encontrándose valores altos de PB y alta variación en la DIVMS entre las accesiones (Maass, 1989).

Tabla 5. Variación en composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) entre accesiones de *C. argentea*.

Accesión CIAT No.	Quilichao		Carimagua	
	PB*	DIVMS	PB*	DIVMS
18516	24.0	58.4	19.2	53.5
18666	21.0	64.9	19.6	55.0
18667	22.7	60.9	19.8	54.4
18668	25.4	63.0	17.5	54.4
18671	28.0	61.9	20.0	54.5
18672	24.5	53.6	17.9	50.5
18673	23.3	54.9	15.4	50.8
18675	25.6	56.1	19.1	52.2
18676	21.7	53.9	19.6	50.9
18957	26.1	56.3	17.8	51.1
Promedio	24.2	58.4	18.6	52.7

Fuente: Lascano, 1996; * Análisis realizado en hojas de rebrotes de 3 meses

Resultados de análisis químicos realizados en muestras de leguminosas arbustivas cosechadas en la estación CIAT-Quilichao, mostraron que el follaje comestible (hojas + tallos finos) de *Cratylia argentea* (3 meses de rebrote) tuvo un contenido de PB (23.5%) similar al de otras especies conocidas como *Calliandra calothyrsus* (23.9 %), *Erythrina*

poepigiana (27.1 %), *Gliricidia sepium* (25.45 %) y *Leucaena leucocephala* (26.5 %) (Lascano, 1996).

Estudios realizados a diferentes edades indican que *C. argentea* es una planta con alto contenido de nitrógeno foliar (Xavier y Carvalho, 1996) con altas concentraciones de nitrógeno (N) a edades 21, 42 y 63 días de edad. No obstante, a los 84 días la concentración de N disminuye hasta 3%, aproximadamente 20% de PB lo cual esta dentro de los parámetros observados en otras leguminosa tropicales. Es importante observar que la proporción de 3 % de N en las hojas se mantiene aun hasta los 189 días de edad (Xavier y Carvalho, 1996).

Cratylia argentea presenta una DIVMS con valores intermedios, no obstante, muestra valores de DIVMS superiores que el de *Calliandra calothyrsus* (41%) pero menores que en *Gliricidia sepium* (51%), *Erythrina fusca* (52%) y *Leucaena leucocephala* (53%). En otros estudios realizados por el CIAT se encontró que la DIVMS de *Cratylia* fue mayor que el de otras leguminosas adaptadas a suelos ácidos como *Codariocalyx giroides* (30%) y *Flemingia macrophylla* (20%), lo cual puede estar asociado a su bajo contenido de taninos condensados (Argel y Lascano, 1995).

3.2.5. Tolerancia a la sequía

Una buena cualidad de *Cratylia argentea* es la tolerancia a los períodos secos prolongados, lo cual se refleja en alta retención foliar particularmente de hojas jóvenes (Tabla 6). Esto probablemente esta asociado con el origen de planta, ya que en su ambiente natural, siempre se localiza en los lugares con estaciones secas definidas y prolongadas (Queiroz y Coradin, 1996).

Cratylia argentea rebrota muy bien cuando es cortada en el periodo seco y es una de las pocas plantas que mantienen altas proporciones de hojas antes de comenzar el período lluvioso (Argel *et al.*, 2001). Pizarro *et al.*, (1996) observó una retención foliar de aproximadamente 75 % durante la estación seca en el cerrado Brasileiro en una colección de *Cratylia argentea*.

Tabla 6. Leguminosas arbustivas con buen comportamiento agronómico y alto índice de retención de hojas superior que 25% en el segundo el período seco *

Géneros/Especie	CIAT N _o	Retención de hojas (%)
<i>Mimosa sp.</i> **	0040	100
<i>Mimosa sp.</i> **	0041 – 0042	75
<i>C. argentea</i>	18666-18674	75
<i>G. sepium</i> **	0046	50
<i>F. macrophylla</i>	20265 – 20744	50
<i>C. gyroides</i>	23748 – 33129	50
<i>C. gyroides</i>	3001-13986-23746-23747- 33131-	25
<i>Sesbania sp</i>	7931 – 18947	25

* Mayo-octubre de 1992, 146 mm acumulado

** Número EMBRAPA-CNPAB

La alta tolerancia a la sequía esta relacionada con un sistema radicular profundo que se ha encontrado a 1.8 m de profundidad en las plantas viejas de *Cratylia argentea*, aun en condiciones extremas de suelos pobres y ácidos en el Cerrado Brasileño (Pizarro *et al.*, 1996). Inspecciones realizadas en los sistemas radiculares de *Cratylia argentea* y *Leucaena leucocephala* asociadas con *Brachiaria decumbens* establecidas en un suelo latosol con elevados contenido de aluminio, verificaron que hubo un punto en el cual el crecimiento de las raíces de las plantas de *Leucaena leucocephala* suspendieron su crecimiento vertical e iniciaron su crecimiento lateral, en cambio las raíces de *Cratylia argentea* consiguieron penetrar verticalmente horizontes con una saturación de aluminio relativamente alta de 38 % (Sobrinho y Nunes, 1981).

3.2.6. Producción de Semilla

La floración de *Cratylia argentea* es abundante pero poco sincronizada, se inicia hacia el final del período lluvioso en condiciones de trópico estacional con distribución monomodal de la precipitación (i.e. Centroamérica). Las plantas pueden florecer el primer año de establecidas, pero los rendimientos de semilla son bajos. La floración se prolonga por uno o dos meses y es común ver la presencia de abejas europeas (*Apis mellífera*) y otros insectos polinizadores. La maduración de los primeros frutos ocurre aproximadamente un mes y medio después de la polinización y se extiende por dos a tres meses más. Por esta razón la cosecha de semilla es un proceso continuo (cosechas manuales una vez a la semana), que puede prolongarse durante gran parte del período seco (Argel, 1996).

El arbusto florece y forma semilla de buena calidad en condiciones del trópico bajo; la semilla no tiene latencia, pero puede perder viabilidad en un período corto de tiempo cuando se almacena en condiciones ambientales. Es una planta que se propaga fácilmente por semilla, responde a la inoculación con *rhizobium*. La siembra con semilla se debe hacer superficialmente a menos de 2 centímetros profundidad en el suelo, ya que a mayor profundidad la emergencia es muy baja, el desarrollo de las plántulas es muy lento y produce plantas con menor desarrollo radicular (RIET- MCAC, 1996).

Los rendimientos de semilla dependen del genotipo, edad de la planta y el manejo del corte y de las condiciones ambientales prevalecientes durante la floración y fructificación (Tabla 7). Plantas de tres años de edad, cortadas a 30 cm de altura y fertilizadas con fósforo al comienzo del período lluvioso, rinden en promedio 50 a 70 g de semilla pura/planta en Atenas, Costa Rica. Sin embargo, la fecha del corte de uniformidad afecta el inicio de floración y por lo tanto el rendimiento potencial de semilla; plantas cortadas cerca del inicio de la época seca o dentro de éste período, tienden a florecer poco y a formar un número bajo de frutos (Argel, 1996).

Los puntos anteriores pueden explicar los rendimientos variables de semilla reportados para *C. argentea*. Por ejemplo, Xavier y Carvahlo (1996) reportaron 25 kg/ha de semilla en Coronel Pacheco (Brasil), mientras que Maass (1996) reportó 654 kg/ha para la accesión CIAT 18516. En Atenas, Costa Rica, las accesiones CIAT 18668 y 18516 que han sido seleccionadas por su buena producción de MS, producen en conjunto entre 600 a 800 kg/ha de semilla dependiendo del año de cosecha. El peso unidad de la semilla es de 27 a 28 g por cada 100 g de semilla (Maass, 1996).

Tabla 7. Rendimiento de semillas de *Cratylia argentea* en Quilichao, Colombia.

Accesión	Rendimiento de semilla Total/año en (kg/ha)	Rendimiento total anual (g/planta)
CIAT 18516	654.4	409.0
CIAT 18668	536.5	335.3

Fuente: Maass, 1996

La semilla de *Cratylia argentea* no tiene latencia, pero puede perder viabilidad relativamente rápido en un año si es almacenada en condiciones ambientales de temperatura y humedad prevalecientes en el trópico bajo. Por ejemplo, en condiciones de Atenas, Costa Rica, con una temperatura media de 24 °C y humedad relativa de 70 %, se ha encontrado que la germinación disminuye de 79 a 40 % en menos de 8 meses en semilla almacenada al medio ambiente.

3.2.7. Respuesta a la inoculación

Los problemas de establecimiento de *Cratylia argentea* se han asociados con la falta de rizobios apropiados que promuevan la producción de nitrógeno (Maass, 1989). Sylvester-Bradley et al., (1989) encontraron una alta variación en la eficiencia de varias cepas de *Bradyrhizobium* en un suelo de los llanos orientales de Colombia. Los resultados muestran buena respuesta a la formación efectiva de nódulos con las cepas *Bradyrhizobium* CIAT 3561 y 3564, particularmente en suelos pobres y ácidos con alto contenido de aluminio (RIEPT-MCAC, 1996).

En la Tabla 8 se muestra una respuesta positiva a la cepa CIAT 3561, pero se nota que existió una mayor respuesta, aunque estadísticamente no significativa, a la aplicación de N lo que indica que existe campo para la selección de cepas que promuevan una nodulación más eficiente (Lascano, 1996).

Tabla 8. Respuesta de *Cratylia argentea* CIAT 18516 a la inoculación con *Bradyrhizobium* (CIAT 3561).

Parámetro respuesta ^a	de Inoculación <i>Bradyrhizobium</i>	con Aplicación de 150 kg/ha de de N	Control
MS Total (g)	9.09 a ^b	10.23 a	6.98 a
Nitrógeno total (mg)	182. a	218.7 a	125.1 b
Área foliar (cm ²)	703ab	810 b	532 a
Nódulos (No)	24 a	33 a	28 a
Proporción de Biomasa en raíces (%)	40 a	34.1 a	43.0 a

a Cosecha en materas con 2 kg de suelo después de 145 días

b Los valores no seguidos de la misma letra de cada parámetro indican diferencias no significativas (P <0.05)

Fuente: Thomas y Rendón (citados por Argel. ,1996)

Los pocos estudios realizados hasta la fecha indican que las semillas de *Cratylia argentea* responden también a la inoculación con cepas de rizobio tipo caupi bacterias que son comunes en suelos tropicales cuyo grado de efectividad varía mucho de especie a especie (Date, 1977), aunque muchas veces la falta de nodulación puede ocurrir debido a la influencia de ciertos factores abióticos.

3.2.8. Plagas y enfermedades

Hasta el presente no se han identificado plagas ni enfermedades de importancia económica que limiten el crecimiento de *Cratylia argentea*. En algunos sitios y en la fase de establecimiento se ha observado el ataque en las raíces de *Melolonthidae sp.* También ocurren ataques de hormigas cosechadoras de hojas y se ha observado presencia de *Cercospora* en hojas adultas sin causar daño apreciable a la planta (Argel, 1996).

En sitios con suelos pesados que se saturan de agua con frecuencia, es posible observar la muerte de plantas ocasionada por hongos de los géneros *Phytium* y *Fusarium*, aunque no se ha establecido con seguridad que estos sean la causa directa de dicha mortalidad.

Aparentemente los problemas de mortalidad de plantas son específicos en determinados sitios, por ejemplo, en Inceptisoles bien drenados de la ECAG, Atenas (Costa Rica), y en Ultisoles bien drenados de la estación CIAT- Quilichao en Colombia, existen plantas que han persistido bajo corte periódico durante 10 años (Argel *et al.*, 2001). En general, *Cratylia argentea* no parece presentar problemas serios de enfermedades y plagas en los lugares donde se ha evaluado (Argel, 1996).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del ensayo

El presente estudio se realizó en la finca Santa Rosa, propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicada al Norte de la comunidad de Sabana Grande, en el municipio de Managua, localizada geográficamente a 12°08'15'' latitud Norte y 86°09'36'' longitud Este; y a una altitud de 56 msnm. Dicho estudio se llevó a cabo en el período comprendido entre Junio del 2005 a Junio del 2006.

4.2. Suelo y Clima

Las condiciones climáticas del área experimental corresponden a una zona de vida ecológica de bosque tropical seco, con un rango de precipitación histórica de 1 132.4 mm, una temperatura media anual de 28 °C y una humedad relativa media anual de 75 %. El régimen pluviométrico de la región se caracteriza por presentar dos épocas bien definidas, una época seca entre los meses de Noviembre a Abril y época lluviosa entre los meses de Mayo a Octubre. Durante la realización del presente trabajo investigativo la precipitación fue de 1 264.2 mm (Figura 1).

El área experimental donde se ubicó el ensayo es un suelo perteneciente a la serie Sabana Grande con topografía plana y de origen volcánico. Durante el trabajo experimental de Hernández *et al.*, (2003) se realizó un análisis físico-químico del suelo, determinando que tiene una textura franco, con 22.5% de arcilla, 32.5% de limo y 45.0% de arena, con buen drenaje. Clasificados según el sistema estadounidense como suelos de clase tres (inceptisoles) apropiados para la agricultura y las principales limitaciones son la erosión eólica y la baja fertilidad.

Según el análisis químico el suelo tiene un alto contenido de materia orgánica y de Nitrógeno (4.77% y 0.23% respectivamente). Estos suelos presentan 13.02 ppm de fósforo, 1.67 meq/100gr de suelo de potasio y un pH de 7.3 clasificado como muy ligeramente alcalino.

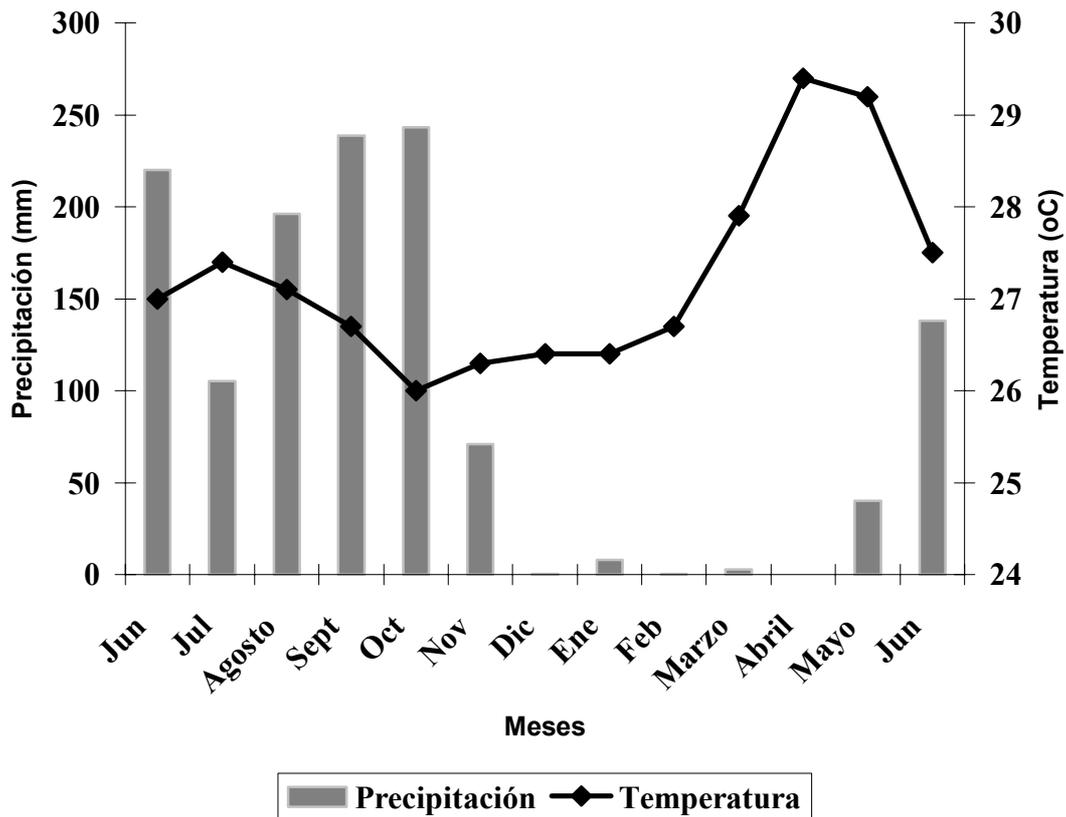


Figura 1. Distribución mensual de la precipitación y temperatura media mensual durante el período experimental (Junio 2005 – Junio 2006)
Fuente: INETER

4.3. Descripción del ensayo

Es importante destacar que este ensayo experimental fue establecido en el año 2000 por Nadir Reyes, Jessica Hernández y Francisco L. Urbina, y dada la oportunidad este sirvió para evaluar los efectos de densidad de siembra y altura de corte sobre producción de biomasa y composición química del forraje de *Cratylia argentea*, por lo que a continuación se describirá todas las actividades de establecimiento que se realizaron en el año 2000.

El área de establecimiento fue seleccionada después de realizar una visita evaluativa de las condiciones del terreno (área disponible, facilidad de acceso, dirección de la pendiente).

Una vez seleccionada el área, se procedió al establecimiento de cuatro bloques perpendiculares a la pendiente y se midieron 3 parcelas grandes dentro de cada bloque y 3 parcelas pequeñas dentro de cada parcela grande. El área total del ensayo fue de 1 440 m², cada parcela pequeña tiene un área experimental de 20 m², al eliminar el efecto borde de la parcela se obtenía un área útil 12 m². Al finalizar la distribución del área se obtuvo como resultado un total de 36 subparcelas con una distancia entre parcelas de 1 m, distancia entre bloques de 2 m y una ronda de 2 m alrededor para facilitar el manejo del ensayo y las labores agronómicas.

4.4. Preparación de suelo y siembra

La preparación del suelo fue hecha por laboreo convencional (cuyo objetivo principal fue permitir un buen crecimiento y desarrollo de las plántulas) procediéndose a la limpieza del terreno de todo tipo de malezas y desechos (piedras, troncos, raíces), posteriormente, utilizando tractor y equipo mecánico se realizó la roturación del suelo con arado de disco seguido de dos pases de grada y rayado.

En el experimento se utilizó semilla botánica clasificada de *Cratylia argentea* CIAT N° 18668 tratada con Vitavae más carbosulfan proveniente de la Estación Experimental de San Isidro, Costa Rica e inoculada con *Bradyrhizobium* (stock CIAT 3561), la siembra se realizó manualmente, a dos semillas por golpe a una profundidad de 1 cm, sin riego y con una fertilización equivalente a 2 quintales de urea y 2 quintales de completo (N/P/K 15-15-15) en dos partes, una después de la siembra y la otra parte después del corte de uniformidad.

La limpieza del ensayo fue realizada de forma manual siguiendo lo dispuesto en el calendario de actividades, para ello se utilizaron machetes, azadones, rastrillos, carretillas. La primera limpieza se realizó 25 días después de establecido el ensayo esto como método de prevención contra posibles invasión de malezas que pudieran impedir y afectar la emergencia de las plántulas, debido al lento crecimiento inicial de la planta, el raleo se practicó dos meses después de la germinación.

4.5. Manejo del ensayo

El corte de uniformidad se realizó el 27 de Mayo del 2005 a una altura de 30 cm del suelo fecha que sirvió de punto de partida para llevar a cabo el estudio. La limpieza se realizó cada 2 meses en la época seca y cada mes en la época lluviosa; realizada de forma manual dentro de las parcelas, calles entre bloques y entre parcelas. Para tal efecto se utilizaron machetes, azadones y rastrillos.

4.6. Metodología Experimental

El diseño experimental utilizado fue Bloque Completo al Azar (BCA) con 4 repeticiones con arreglo de parcelas divididas donde los factores estudiados fueron alturas de corte (20, 40,60 cm.) y densidad de siembra (0.5x0.5, 1.0x0.5, 1.0x1.0).

Los factores a evaluar fueron: tres densidades de siembras (10 000, 20 000 y 40 000 plantas por hectárea) y tres alturas de corte (20, 40 y 60 cm). El diseño experimental utilizado fue un Bloque Completo al Azar con arreglo en parcelas divididas, las parcelas principales correspondieron a las densidades de siembra y las sub-parcelas a las alturas de corte, generando nueve combinaciones de tratamientos.

Tabla 9. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Densidad de plantas(m)	Alturas de corte(cm)
1	0.5x0.5	20
2	0.5x0.5	40
3	0.5x0.5	60
4	1.0x0.5	20
5	1.0x0.5	40
6	1.0x0.5	60
7	1.0x1.0	20
8	1.0x1.0	40
9	1.0x1.0	60

4.7. Modelo Estadístico

El modelo estadístico utilizado en la presente investigación fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + D_j + (BD)_{ij} + A_k + (AD)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación de i-ésima réplicas de la j-ésima densidad de siembra y k-ésima altura de corte.

μ = Valor media general.

B_i = Efecto de i-ésimo bloque.

D_j = Efecto de j-ésima densidad de siembra.

$(BD)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo bloque con la j-ésima densidad de siembra.

A_k = Efecto de k-ésima altura de corte.

$(AD)_{jk}$ = Efecto de la interacción de la j-ésima densidad de siembra con la k-ésima altura de corte.

E_{ijk} = Error experimental.

4.8. Descripción de las variables

4.8.1. Producción de Materia Fresca Total (t/ha/año)

Para la obtención del rendimiento de materia fresca por hectárea se efectuó el corte de material vegetativo correspondiente en la parcela útil (12 m²) para las diferentes densidades de siembra y diferentes alturas de 20, 40 y 60 cm y por cada repetición. Se pesó y registró para estimar la producción Materia Fresca Total por hectárea mediante la siguiente fórmula:

$$PMFT = \text{kg de MF} \times 10,000 \text{ m}^2 / 12\text{m}^2$$

4. 8.2. Contenido de Materia Seca (%)

Después de que se cosechaba, pesaba y registraba la materia fresca por cada subparcela una muestra del material se tomaba para determinar el contenido de materia seca. La muestra era llevada al Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional Agraria,

donde era secada en un horno de circulación forzada de aire a 60 °C durante 48 horas, posteriormente el material se pesaba, se molía y almacenaba en un frasco de vidrio debidamente identificado para posteriores análisis químicos. Luego, del material molido se tomaba una muestra de 5 gramos y se colocaba en un horno a 105 °C durante 4 horas para calcularle humedad residual y estimar materia seca mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso inicial de la muestra (g)} - \text{Peso final de la muestra (g)}}{\text{Peso inicial de la muestra (g)}} \times 100$$

$$\text{Contenido de Materia Seca (\%)} = 100 - \% \text{ de humedad}$$

4.8.3. Producción de Materia Seca Total (PMST)

Se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PMST} = \frac{\text{PMFT} \times \text{CMS}}{100}$$

4.8.4. Altura promedio de la planta (cm)

Esta variable fue estimada midiendo la altura de 5 plantas diferentes seleccionadas al azar en cada subparcela para cada tratamiento. La medición fue hecha desde la base de la planta (suelo) hasta la punta de la hoja más alta (Toledo y Schultze-Kraft, 1982).

4.9. Análisis químicos

Todas las muestras fueron secadas en un horno de circulación forzada de aire a 48 °C durante 48 horas. Las muestras secadas fueron molidas y se utilizó un tamiz de 1 mm. La MS fue determinada secando la muestra en un horno a 105 °C durante 4 horas. El contenido de nitrógeno total fue determinado con semi-micro Kjeldhal (Kass y Rodríguez, 1993) y la proteína bruta (PB) fue calculada mediante la siguiente fórmula $PB = N \times 6.25$. La FDN y FDA fueron determinadas por el procedimiento propuesto por Goering y Van Soest (1970). El contenido de Hemicelulosa se obtuvo de la diferencia entre el contenido de FDN y FDA. La digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) fue determinada por la técnica de dos fases de digestión pero aplicando solamente 24 horas para la fase de digestión con pepsina (Kass y Rodríguez, 1993)

4.10. Análisis Estadístico

A todas las variables en estudio se les realizó un análisis de varianza según el diseño bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. Para las que dieron diferencias significativas se les aplicó una separación de medias de Tukey a una probabilidad de error del 5 %. Este procedimiento se realizó mediante el software MINITAB versión 13.00 para computadoras personales (1998).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la producción de biomasa

En el análisis estadístico realizado a las variables Producción de Materia Fresca Total (PMFT) y Producción de Materia Seca Total (PMST), se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para los factores en estudio; densidad de siembra y altura de corte respectivamente. Mientras que para los efectos de bloque y la interacción densidad * altura de corte, no se encontraron diferencias significativas (Anexo 1 y 2). En relación a la variable altura promedio de las plantas se encontró diferencia significativa únicamente para el factor altura de corte (Anexo 3).

La PMFT (58.9 t ha^{-1}) y PMST (17.6 t ha^{-1}) fueron significativamente mayores ($P < 0.05$) para la densidad de $40\ 000$ plantas ha^{-1} . La tendencia, en ambas variables fue incrementar significativamente ($P < 0.05$) el rendimiento de 37.5 a 58.9 t ha^{-1} y de 11.8 a 17.6 t ha^{-1} , para PMFT y PMST, respectivamente, cuando la densidad se incremento de $10\ 000$ a $40\ 000$ plantas ha^{-1} (Tabla 10).

Tabla 10. Efecto de la densidad de siembra sobre la producción de biomasa de *C. argentea*.

Ítems	Densidad de siembra (plantas/ha)			ES
	40 000	20 000	10 000	
PMFT(t/ha)	58.9 ^a	40.8 ^b	37.5 ^b	4.2
PMST(t/ha)	17.6 ^a	12.8 ^b	11.8 ^b	1.1
Alturas de las plantas (cm)	97.5	90.2	95.4	3.5

Valores en una misma línea seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$)

Similares tendencias han sido reportados por Castillo *et al.*, (1979), Blair *et al.*, (1990), Lascano *et al.*, (2002), Enríquez *et al.*, (2003) y Reyes *et al.*, (2006) quienes encontraron que incrementaría el rendimiento de materia seca total cuando se incrementa la densidad de siembra. Sin embargo, la producción por planta disminuye pero esa reducción es más que compensada por el número de plantas, lo que resulta en el aumento de la producción de biomasa por área cuando se incrementa la densidad de siembra (Ball *et al.*, 2000).

Similares experimentos, con otras especies de árboles forrajeros, también soportan lo encontrado en este estudio; en que a mayores densidades de siembra se obtienen mayores rendimientos de biomasa que a bajas densidades (Guevara *et al.*, 1978; Castillo *et al.*, 1979; Savory y Breen, 1979; Pathak *et al.*, 1980; Magambo y Waithaka 1985; Blair *et al.*, 1990; Ella *et al.*, 1989; Ella *et al.*, 1991; Ventura y Pulgar, 1997).

Estos resultados son similares a los reportados por Reyes *et al.*, (2006). La PTMS encontrada en este estudio para las densidades de 10 000 y 20 000 plantas ha⁻¹ son superiores a las reportadas por Argel *et al.*, (2001), Enríquez *et al.*, (2003) y Miranda y Reyes, (2004) e inferiores a los encontrados por Lobo y Acuña (2001). La densidad de 40 000 plantas ha⁻¹ tiene una PMST similar a la reportada por Lascano *et al.*, (2002). Estos resultados indican claramente que al aumentar la densidad de plantas se incrementa el área foliar para intercepción de luz solar y la fotosíntesis, consecuentemente hay una mayor tasa de crecimiento y producción del cultivo (Turgut *et al.*, 2005). Factores como diferencias en condiciones agro climáticas, tipos de suelo y accesiones de *Cratylia* usadas por los autores pueden haber contribuido para las diferencias encontradas entre los valores reportados.

La PMST obtenida en el presente estudio es comparable con la producción de materia seca de otros arbustos forrajeros como *Calliandra calothyrsus* (17.8 t ha⁻¹), *Gliricidia sepium* (17.7 t ha⁻¹) y *Leucaena leucocephala* (19.5 t ha⁻¹) reportadas por Catchpoole y Blair (1990) y mayores que la producción de MS de *Sesbania grandiflora* (13.93 t ha⁻¹).

La PMFT (29.1 a 57.5 t ha⁻¹, PMST (8.2 a 18.1 t ha⁻¹) y la altura promedio de las plantas (71.1 a 115.6 cm) incrementan significativamente (P<0.05) en la medida que se incremento la altura de corte de las plantas de 20 a 60 cm. La altura de corte de 60 cm tuvo estadísticamente (P<0.05) las mejores PMFT y PMST aunque no hubo diferencia significativa entre las alturas de corte de 40 y 60 cm (Tabla 11).

Tabla 11. Efecto de alturas de corte sobre producción de biomasa de *C. argentea*.

Items	Altura de corte (cm.)			ES
	20	40	60	
PMFT(t/ha)	29.1 ^b	50.6 ^a	57.5 ^a	4.2
PMST(t/ha)	8.2 ^b	15.8 ^a	18.1 ^a	1.1
Alturas de las plantas (cm)	71.1 ^c	96.2 ^b	115.6 ^a	3.5

Valores en una misma línea seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa (P<0.05)

La tendencia de los resultados encontrados en este estudio pueden ser debidos a que una defoliación intensa de las plantas, como la que ocurre cuando se utilizan alturas de corte muy bajas, disminuyen la posibilidad de la planta de realizar fotosíntesis, inhiben la asimilación de nutrientes, reducen las reservas de carbohidratos, influyen en el desarrollo del área foliar afectando la tasa de crecimiento de la planta (Teague, 1989; Latt *et al.*, 2000).

Según Harris (1978) en una revisión de los efectos de la defoliación sobre la producción de biomasa de las plantas, menciona varios factores que pueden influenciar la habilidad de las plantas para rebrotar, entre ellos tenemos: área foliar residual, reservas de carbohidratos y otros nutrientes, la tasa de crecimiento de la raíz y su capacidad de absorción de nutrientes y agua, la cantidad y actividad de los puntos de crecimiento (meristemo) residuales. Entonces al utilizar bajas alturas de corte se afecta el potencial de la planta para producir nuevos rebrotes, se reduce la altura de las plantas, disminuyendo la producción de biomasa, además esto puede estar asociado con una menor ramificación y una lenta formación de área foliar (Stern 1965; Damgaard *et al.*, 2002). Pero esto depende de la adaptación de las plantas a las condiciones ambientales y la disponibilidad de agua en el suelo (Voisin, 1967). Cuando las plantas son cortadas, la altura de corte debería ser adecuada para permitir la regeneración de las plantas (Assefa, 1998).

Los datos aquí presentados coinciden con los de Herrera (1967); Mendoza *et al.*, (1975); Pathak *et al.*, (1980); Pérez y Meléndez (1980); Krishnamurthy y Munegowda (1982) y Blair (1990), los cuales, trabajando con diferentes especies de arbustos forrajeros encontraron que las alturas de corte más altas se relacionaron con mayores rendimientos de MS. Sin embargo, Horne y Blair (1991), no encontraron diferencia significativas en rendimiento de *Leucaena leucocephala cv. Cunningham* cuando los cortes se hicieron a de 30 y 100 cm de altura y Xavier y Carvalho (1996) trabajando con *C. argentea* no observaron diferencias significativas para los cortes realizados a 20 y 40 cm.

En Quilichao (Cauca) *Cratylia argentea* produjo mayores rendimientos de MS que *Gliricidia sepium* y *Desmonium velutinum*, pero, menores que los de *Flemingia*

macrophylla (Maass 1996) aunque según éste autor no existe un criterio definido sobre la altura de corte mas apropiada para el manejo de la especie.

La altura de las plantas esta directamente correlacionada con la producción de biomasa (Assefa, 1998). En la Tabla 11 se puede observar que *Cratylia* incrementa significativamente ($P < 0.05$) la altura promedio de plantas en la medida que la altura de corte incrementa de 20 a 60 cm, obteniendo la mayor altura de planta (115.6 cm) a los 60 cm. Similares valores y tendencia es reportada por Enríquez *et al.*, (2003). Las bajas alturas de corte disminuyen el potencial de la planta para producir nuevos rebrotes y reducen la altura de las plantas, no obstante esto depende de la adaptación de la especie a las condiciones ambientales y a la disponibilidad de agua en el suelo.

Las alturas de plantas encontradas en este estudio son mayores que las reportadas por Argel (1996) y Maass (1996). Factores como la altitud del sitio experimental (msnm) pueden haber contribuido a las diferencias entre los valores, ya que Argel (1996) reporta que la altura de las plantas de *Cratylia argentea* disminuye cuando la altitud incrementa.

La altura de las plantas en la presente investigación no se vio afectada por las densidades de siembra; sin embargo, algunos autores reportan que existe una tendencia a obtener plantas más altas a menores densidades de siembra. (Lascano *et al.*, 2002).

Entre tanto Argel *et al.*, 2001, encontró que en la mayor densidad de siembra afectó ligeramente la altura de las plantas. Así mismo, Argel (1996) reportó que la altura promedio de diferentes accesiones de *Cratylia argentea* durante la época seca fue de 47.2 cm, los cuales son menores a todos los resultados obtenidos en el presente estudio.

5.2. Producción estacional de materia seca

Las plantas forrajeras en los trópicos crecen rápidamente durante los periodos de alta precipitación y altas temperaturas (Norton y Poppi, 1995). Por tal razón, los cortes realizados en árboles forrajeros en las diferentes estaciones del año (Estación seca vs. Estación húmeda) y en diferentes fases de desarrollo (reproductivo vs. vegetativo) puede influir en el rebrote siguiente. Sin embargo, poco se ha publicado de estos temas.

Puede especularse que los cortes al principio de la estación seca pueden producir el agotamiento de las reservas y el abastecimiento de reservas puede ser restringido por la disponibilidad limitada de humedad. No obstante, los árboles y arbustos forrajeros tienen un sistema radicular profundo y por consiguiente tienen acceso a la humedad de las capas más profundas de la tierra y además tienen mayor capacidad para almacenar una gran cantidad de reservas en los tallos y raíces que no se agotan fácilmente (Stür *et al.*, 1994).

Tomando en cuenta la producción total de materia seca para las diferentes densidades de siembra, las producciones fueron agrupadas en dos épocas, la época seca de Noviembre a Abril y la época lluviosa de Mayo a Octubre. Se encontró que la PMST fue afectada por las precipitaciones, en los meses secos o con baja precipitación (Noviembre a Abril) fue menor (Figura 1) que en los meses correspondientes a la época de lluvia (Mayo a Octubre).

Similares experimentos con diferentes árboles forrajeros soportan lo encontrado en este estudio, que las altas precipitaciones incrementan la producción de biomasa (Lazier, 1981; Ella *et al.*, 1989; Ella *et al.*, 1991) en cuanto bajas precipitaciones reducen la producción (Akinola y Whiteman, 1975; Adejumo, 1992; Assefa, 1998; Tuwei *et al.*, 2003).

Similares resultados han sido reportados por otros investigadores en Colombia, Costa Rica, México y Brasil donde *Cratylia* muestra buena capacidad de rebrote después del corte aun durante prolongados periodos de sequía (6 o más meses secos) y tiene una alta capacidad de retención de hojas verdes durante estos periodos. Estas características están asociadas con el desarrollo de raíces vigorosas que alcanzan hasta dos metros de longitud y que favorecen la tolerancia de la planta a la sequía aun en condiciones extremas de suelos pobres y ácidos (Pizarro *et al.*, 1996).

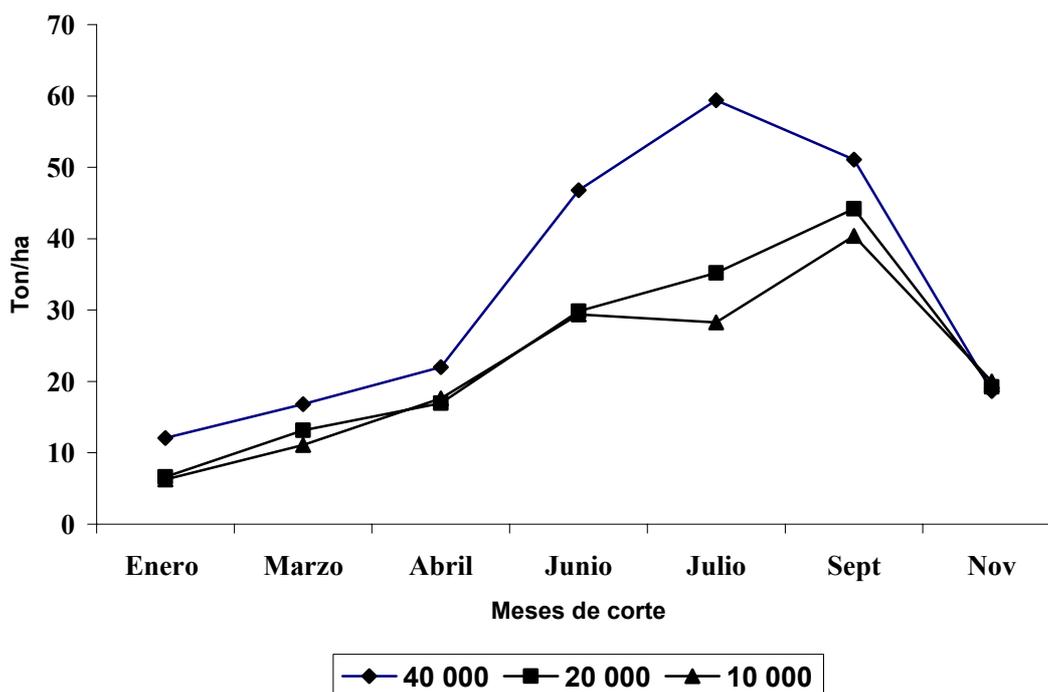


Figura 2. Efecto de las diferentes densidades de siembra sobre la producción de materia seca total (t/ha) por meses de corte. En *Cratylia argentea*, UNA, Managua, 2005-2006.

La producción de materia seca durante la época seca esta en el rango de 30 a 40% de la producción total anual para diferentes accesiones (Argel, 1996; Maass, 1996; Lascano *et al.*, 2002; Enríquez *et al.*, 2003). Estos resultados coinciden con los encontrados en el presente estudio, donde *Cratylia argentea* muestra menor PMST en la época seca que en lluvia, esta representa el 33% de la producción total anual.

5.3. Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la composición química de *Cratylia argentea*.

Al realizar el análisis de varianza para la composición química de *Cratylia argentea* se encontró que la densidad de siembra tiene efecto estadísticamente significativo únicamente para las variables contenido de PB y contenido de Hemicelulosa (Anexos 4, 5, 6, 7, 8 y 9), no así para el resto de variables. No se encontró diferencias significativas para la interacción densidad de siembra * altura de corte.

En la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, para las variable PB, la densidad de siembra de 20 000 plantas por hectárea presento los mayores porcentajes

con 21.1 %; valor que no difiere significativamente del encontrado para la densidad de siembra de 10 000 plantas por hectárea (20.9 %) el que a su vez no difiere estadísticamente del contenido de PB obtenido en la densidad de siembra de 40 000 plantas por hectárea (Tabla 12).

Tabla 12. Efecto de la densidad de siembra sobre la composición química de *Cratylia argentea*.

Ítems	Densidad de siembra (plantas/ha)			ES
	40 000	20 000	10 000	
%MS	32.6	34.5	33.2	0.97
%PB	20.1 ^{b*}	21.1 ^a	20.9 ^{a b}	0.28
%FDN	50.1	50.0	50.4	0.77
%FDA	36.5	34.7	34.8	0.56
Hemicelulosa	13.6 ^b	15.31 ^a	15.60 ^a	0.50
DIVMS	58.4	59.3	57.9	0.56

Valores en una misma línea seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa (P<0.05)

Los contenidos de PB, FDN, FDA y la DIVMS encontrados en el presente estudio para el forraje de *Cratylia* esta dentro de los rangos de 13.0 a 28.6 % PB, 50.0 a 70.0 % FDN, 32.0 a 39.0 % FDA y 45.0 a 63.0 de DIVMS, respectivamente, reportados por otros autores (Silva, 1992; Lascano, 1996; Sobrinho y Nunes, 1996; Franco *et al.*, 2001; Lascano *et al.*, 2002; Xavier y Carvalho, 1996). Factores como diferencias en condiciones agro climáticas, tipo de suelo, fertilización, edad de la planta, estado de madurez de las hojas, parte muestreada de la planta (hojas, ramas, tallos) podrían haber contribuido para algunas diferencias entre los valores reportados.

En el análisis estadístico realizado a las variables contenidos de MS y Hemicelulosa de *Cratylia argentea* no se encontró diferencia significativa para el factor de estudio altura de corte. Sin embargo, el análisis de varianza para las variables contenido de PB, FDN, FDA y DIVMS mostró efecto altamente significativo de la altura de corte (Anexos 4, 5, 6, 7, 8 y 9).

En la comparación de medias mediante la prueba de Tukey se encontró que el contenido de PB (22.6% a 19.1%) y la DIVMS (60.8% a 56.6%) disminuyen significativamente (P<0.05) y el contenido de FDN (48.1% a 51.6%) y FDA (32.8% a 37.7%) incrementan significativamente (P<0.05) en la medida que se incrementa la altura de corte de las

plantas de 20 a 60 cm. Obteniendo estadísticamente los mayores contenidos de PB y DIVMS, y los menores contenidos de FDN y FDA la altura de corte de 20 cm. Aunque no hubo diferencia significativa entre las alturas de corte de 40 y 60 cm para las variables % de FDN y DIVMS (Tabla 13).

Tabla 13. Efecto de la altura de corte sobre la composición química de *Cratylia argentea*.

Ítems	Altura de corte (cm.)			ES
	20	40	60	
%MS	32.7	34.3	33.3	0.97
%PB	22.6 ^a	20.57 ^b	19.1 ^c	0.28
%FDN	48.1 ^b	50.8 ^a	51.6 ^a	0.77
%FDA	32.8 ^c	35.5 ^b	37.7 ^a	0.56
Hemicelulosa	15.3	15.3	13.9	0.50
DIVMS	60.8 ^a	58.1 ^b	56.6 ^b	0.56

Valores en una misma línea seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa (P<0.05)

Estos resultados son similares a los reportados por Ventura y Pulgar (1997) en que los contenidos de PB y DIVMS decrecen progresivamente pero no ampliamente cuando la altura de corte se incrementa (Nygren y Cruz, 1998; Assefa, 1998). Esto podría ser explicado por el hecho de que el Nitrógeno total presente en las hojas y tallos jóvenes disminuye muy lentamente con la madurez de la planta (Hides *et al.*, 1983; Nordkvist y Åman, 1986).

Además, los tallos jóvenes generalmente tienen alto valor nutritivo pero su calidad disminuye más rápidamente que en las hojas debido a que la epidermis y células fibrosas cambian dentro de la pared celular incrementando el contenido de lignina a medida que incrementa la edad de la planta (Saavedra *et al.*, 1987; Miquilena *et al.*, 1995).

La composición química de *C. argentea* varía con la madurez y parte de la planta. El mayor efecto de la madurez se presenta en la DIVMS de las hojas y los tallos, lo que está asociado con los incrementos en el contenido de la pared celular (Lascano, 2004). Según Lobo di Palma y Díaz (2001) el valor nutritivo del forraje es más alto en su etapa vegetativa y más bajo en su etapa reproductiva. Frecuentemente la digestibilidad y el valor nutritivo disminuyen con la edad del material verde debido a la lignificación de los tallos (Binder, 1997).

VII. CONCLUSIONES

Esta investigación permitió cumplir con los objetivos propuestos de evaluar el efecto de diferentes densidades de siembra y alturas de cortes sobre la producción de biomasa y composición química en *Cratylia argentea* llegando a las siguientes conclusiones:

1. *Cratylia argentea* para producción intensiva debería manejarse con una densidad de siembra de 40 000 plantas por y una altura de corte de 60 cm. que nos permiten obtener las mayores Producciones de Materia Fresca Total, Materia Seca Total y Altura promedio de las plantas con 58.93 t/ha/corte, 17.55 t/ha/corte y 97.46 cm respectivamente, con vigorosos rebrotes durante la época de seca. La producción de Materia Seca durante la época seca fue de 33% del total de biomasa producida anualmente en todas las densidades de siembra y alturas de corte.
2. La composición química de *Cratylia argentea* no declina drásticamente con la madurez de la planta sin embargo en la altura de corte de 20 cm. se obtienen los mayores contenidos de Proteína Bruta (22.6%) y Digestibilidad In Vitro de Materia Seca (60.8).

VIII. RECOMENDACIONES.

Se recomienda que se siembre *Cratylia argentea* bajo una densidad de 40 000 plantas por hectárea y se corte a una altura de 60 cm para la obtención de mejores rendimientos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adejumo, J.O. 1992. El efecto de edad de la planta y fecha de cosecha en la estación seca en el rendimiento y calidad de sepium de *Gliricidia* en Nigeria del sur. *Tropical Grasslands*. 26: 21-24.
- Akinola, J.O.; Whiteman, P.C. 1975. Agronomic studies on pigeon pea (*Cajanus cajan*) (L) Millsp. III. Response to defoliation. *Australian Journal Agricultural Research*. 26: 67-79.
- Argel, P, J.; Maass, B. L. 1995. Evaluación y adaptación de leguminosas arbustivas en suelos ácidos infértiles de América tropical. En: Nitrogen trees for acids soils. En: Evans, D. O. y Szott, L. T. (eds.). Nitrogen fixing tree research reports. Special sigue. Winrock International y NFTA. Morrilton, Arkansas, E. U. pp. 215-227.
- Argel, P.J. 1996. Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* en México y Centroamérica. In: Pizarro, E.A. y Coradin, L. (eds.). Potencial del genero *Cratylia* como leguminosa forrajera. EMBRAPA, Cenargen, CPAC y CIAT, Memorias del taller sobre *Cratylia*, 19-20 Julio 1995, Brasilia, Brasil. pp. 75-82.
- Argel, P.J.; Valerio, A. 1996. *Cratylia argentea*: Un nuevo arbusto forrajero con potencial para el trópico subhúmedo. Trabajo presentado en V Ciclo Internacional en producción e investigación en Pastos Tropicales. Maracaibo, Venezuela, 25-26 Abril. 16 pp.
- Argel, P.J.; Lascano, C.E. 1998. *Cratylia argentea* (Desveaux) O. Kuntze: Una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. *Pasturas Tropicales* 20(1): 37-43.
- Argel, P.J., Hidalgo, C., González, J., Lobo, M., Acuña, V. y Jiménez, C. 2001. Cultivar Veraniega (*Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze). Una leguminosa arbustiva para la ganadería de América Latina tropical. Consorcio Tropicheche (CATIE, CIAT, ECAG, MAG, UCR). Boletín técnico. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG). 26 pp.

- Assefa, G. 1998. Biomass yield, botanical fractions and quality of tagasaste, (*Chamaecytisus palmensis*) as affected by harvesting interval in the highlands of Ethiopia. *Agroforestry Systems*. 42: 13–23.
- Atta-Krah, A.N. y Sumberg, J.E. 1988. Studies with *Gliricidia sepium* for croplivestock production systems in West Africa. *Agroforestry Systems*. 6: 97-118.
- Ball R.A., Purcell L.C. y Vories E.D. 2000. short-season soybean yield compensation in response to population and water regime. *Crop Sciences*. 40: 1070-1078.
- BCN. 2003. Banco Central de Nicaragua. Informe anual 2003. Gerencia de estudios económicos. www.bcn.gob.ni/publicaciones/anual.
- Binder, U. 1997. Manual de leguminosas de Nicaragua. Tomo 1. Pág. 15-29
- Blair, G; Catchpoole, D y Horne, P. 1990. Foraje tree legumes; their de management and contribution to the nitrogen economic of wet and humid tropical environments. *Advanced Agronomy Vol.44*.
- Blanco, F. 1991. La persistencia y el deterioro de los pastizales. *Pastos y Forrajes*. Cuba 13:87-105.
- Castillo, A.C., Moog, F.A. y Avante, D.C. 1979. Effects of row arrangement and plant density on herbage production and growth of Ipil-ipil. 16th Annual Convention of the Philippine Society Animal Sciences Manila.
- Catchpoole D.W. y Blair G. 1990. Forage Tree Legumes. I. Productivity and N economy of *Leucaena*, *Gliricidia*, *Calliandra* and *Sesbania* and Tree/Green Panic Mixtures. *Australian Journal Agricultural Research*. 41: 521-530.
- CENAGRO, 2002. Tercer Censo Nacional Agropecuario. INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) <http://www.inec.gob.ni/cenagro/presultados.htm>.

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1995. West and Central African. Feed Research Project. Cali, Colombia.
- Costa, N. de L.; Oliveira, J.R. da C. 1992. Cutting height affects *Cajanus cajan* yield and protein content. Nitrogen fixing tree research reports 10: 119-120.
- Damgaard, C., Weiner, J.; Nagashima, H. 2002. Modelling individual growth and competition in plant populations: growth curves of *Chenopodium album* at two densities. Journal Ecology. 90, 666–671.
- Date, R. A. 1977. Inoculation of tropical legumes. In: Exploiting the legume-rhizobium symbiosis in tropical agriculture. Proceeding Miscelaneous. Pú. No. 145. University of Hawaii, Department Agronomy Soil Sciences, Maui. pp. 239-311.
- Ella, A., Jacobsen, C., Stür, W.W. y Blair, G. 1989. Effect of plant density and cutting frequency on the productivity of four tree legumes. Tropical Grasslands. 23: 28-34.
- Ella, A., Blair, G.J.; Stür, W.W. 1991. Effect of age of forage tree legumes at the first cutting on subsequent production. Tropical Grasslands. 25: 275-280.
- Enríquez, Q.J.F., Hernández, G.A., Pérez, P.J., Quero, C.A.R.,;Moreno, C.J.G. 2003. Population density and cutting frequency effect on *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze forage yield in southern Veracruz. Técnica Pecuaria Mexicana 41(1): 75-84.
- FAO. 1991. Anuario de Producción. Vol.44. Roma, Italia, FAO. FAO Statistics Serie No.99.283 pp.
- Franco, M.H.; Ibrahim, M.A.; Pezo, D.; Camero, A.; Araya, J.L. 2001. Degradabilidad ruminal in situ y solubilidad de la proteína de rebrotes de *Cratylia argentea* de diferentes edades.
- Goering, H.K.; Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agric. Handbook 379. ARS, USDA, Washington, DC.

- Guevara, A.B., Whitney, A.S. ., Thompson, J.R. 1978. Influence of intra-row spacing and cutting regimes on the growth and yield of *leucaena*. *Agronomic. J.* 70: 1033-1037.
- Hairiah, K., Noordwijk, M. van., Santoso, B. y Syekhfani, M.S. 1992. Biomasa production and root distribution of eight trees and their potential for hedgerow intercropping on an ultisol in southern Sumatra. *Agrivita* 15: 54-68.
- Harris, W. 1978. Defoliation as a determinat of the growth, persistence and composition of pasture. In: Wilson, J. R. (ed) *Plant relations in pastures*. CSIRO, Melbourne. pp 67-85.
- Herrera, P. G., 1967. *Agricultura tropical*. pp. 23, 34-42.
- Heering, J.H. 1995. The effect of cutting height and frequency on the forage, wood and seed production of six *Sesbania sesban* accessions. *Agroforestry Systems* 30 (3): 341-350.
- Hernández, M.; Benavides, J.E. 1994. Podas estrategicas en cercos vivos de Piñon cubano (*Gliricidia sepium*) para la producción de forraje en la epoca seca. En: Benavides J.E. (ed.). *Arboles y arbustos forrajeros en America Central*, vol. 2. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 559-582.
- Hernández, J; Urbina, F; Reyes, N. 2003. Producción de biomasa de *Cratylia argentea* bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte, en el trópico seco de Nicaragua. Tesis Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria.
- Horne, P.M., Catchpoole, D.W.; Ella, A. 1986. Cutting management of tree and shrub legumes. In: G.J. Blair, D.A. Ivory y T.R. Evans (eds). *Proceedings forages in southeast Asian and south Pacific agricultures 45 workshop*. Cisarua, Indonesia, 19-23 August 1985. ACIAR Proceedings No. 12 pp. 164-169.
- Horne, P.; Blair, G. 1991. *Australian. Journal Agricultural Research*. (in press).

- Hides, D.H., Lovatt, J.A. y Hayward, M.V. 1983. Influence of stage of maturity on the nutritive value of Italian reyrgrasses. *Grass Forage Science*. 38: 33-38.
- Iglesias, J.M. 1998. Los sistemas silvopastoriles como alternativas para la producción animal en el trópico. pp.111.
- Ivory, D.A. 1990. Major characteristics, agronomic features, and nutritive value of shrub and tree fodders. In: C. *Devendra* (ed). Proceedings shrub and tree fodders for farm animals workshop. Denpasar, Indonesia, 24-29 July 1989. Intitut Development Research Centre (IDCR), Ottawa, Ontario, Canadá. pp. 22-38.
- Kass, M.; Rodriguez, G. 1993. Evaluación nutricional de alimentos. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Kerridge, P.C.; Lascano, C.E. 1996. Leguminosas arbustivas en sistemas de producción en el trópico. En: Pizarro, E.A. y Coradin, L. (eds). Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera. Memorias del taller de trabajo sobre *Cratylia* realizado el 19 y 20 de julio de 1995. Brasilia, Brasil. 117 pp. 98-106.
- Krishnamurthy, K. ., Munegowda, M.K. 1982. *Leucaena* Research Report. 3: 25-32.
- Lascano, C. 1996. Calidad nutritiva y utilización de *Cratylia argentea*. En: Pizarro, E. A. y Coradin, L. (eds.). Potencial del genero *Cratylia* como leguminosa forrajera. EMBRAPA, Cenargen, CPAC y CIAT, Memorias del taller sobre *Cratylia*, 19-20 Julio 1995, Brasilia, Brasil. pp. 83-97.
- Lascano, C., Rincón, A., Plazas, C., Avila, P., Bueno, G.; Argel, P.J. 2002. Cultivar Veranera (*Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze). Leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con períodos prolongados de sequía en Colombia. CORPOICA, CIAT 28 pp.

- Latt, C.R., Nair, P.K.R. y Kang, B.T. 2000. Interactions among cutting frequency, reserve carbohydrates, and post-cutting biomass production in *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*. *Agroforestry Systems*. 50: 27-46.
- Lazier, J.R. 1981. Effect of cutting height and frequency on dry matter production of *Codariocalix gyroides* (syn. *Desmodium gyroides*) in Belize, Central America. *Tropical Grasslands*. 15: 10-16.
- Lobo di Palma, M.V; Díaz O. 2001 *Agrostología*. s.e San José, Costa Rica. pp. 44-45.
- Lobo, M.V.; Acuña, V. 2001. Efecto de la edad de rebrote y la altura de corte sobre la productividad de *Cratylia argentea* cv. Veraniega en el trópico subhúmedo de Costa Rica. In: Holman, F. y Lascano, C. (eds). *Sistemas de alimentación con leguminosas para intensificar fincas lecheras*. CIAT; Consorcio Tropileche, ILRI. pp. 35-38. (Working Document No 184).
- Maass, B.L. 1996. Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze en Colombia. En: Pizarro, E.A. y Coradin, L. (eds.). *Potencial de Cratylia como leguminosa forrajera*. EMBRAPA, Cenargen, CPAC y CIAT, Memorias del taller sobre *Cratylia*, 19-20 Julio 1995, Brasilia, Brasil. pp. 62-74.
- Maass, B.L.; Schultze-Kraft, R. ; Argel, P.J. 1996. Revisión de la evaluación agronómica de especies arbustivas. En: Pizarro, E.A.; Coradin, L. (eds.). *Potencial de Cratylia como leguminosa forrajera*. EMBRAPA, Cenargen, CPAC y CIAT, Memorias del taller sobre *Cratylia*, 19-20 Julio 1995, Brasilia, Brasil. pp. 107-114.
- Magambo, M. J. S.; Waithaka, K. 1985. The influence of plant density on dry matter production and partitioning and yield in young clonal tea in Kenya. *Acta Horticulturae* (ISHS) 158: 157-162.
- MAGFOR. 2004. Ministerio Agropecuario y Forestal. Informe anual 2003-2004. Evaluación pecuaria. Ganado bovino. pp.21. www.magfor.gob.ni/tematica/descargas/estadi_anual/pecuaria03.pdf.

- Mahadevan,P.,1984.Problems of animal production from tropical pastures.In:J.B.Hacker (ed).Nutricional limits to animal production from pastures.Farham Royal,U.K.,C.A.B.pp 67-85
- Mendieta, B., Reyes, N., Alfranca, O., 2000. Estrategia del desarrollo pecuario para el Departamento de Chontales. *Tesis Mag. Sc.* Managua (Nicaragua). Universidad Autónoma de Barcelona.
- Mendoza, R. C., Altamirano, T.P., y Javier, E.Q. 1975. Philippine Journal Crop Sciences. 1(3), 149-153.
- Minitab, 1998. Minitab User's Guide 2. Data Analysis and Quality tools, Release 12 for Windows, Windows 95 and Windows NT. Minitab Inc, 3081 Enterprise Drive, State College, PA 16801-3008, USA.
- Miquilena, E., Ferrer, O.J; Clavero, T. 1995. Efecto de tres frecuencias de corte y tres densidades de siembra sobre las fracciones nitrogenadas en hojas y tallos de *Gliricidia sepium*. Revista Facultad de Agronomía (Luz) 12:193-207.
- Miranda, J.C.; Reyes, N. 2004. Producción de biomasa de la leguminosa arbustiva *Cratylia argentea* bajo el efecto de diferentes densidades de siembra y frecuencia de corte en el municipio de Nueva Guinea, Nicaragua. Master en Sistemas Integrales de Producción Agropecuaria en el Trópico, Énfasis en Recursos Renovables. Universidad Autónoma Barcelona.2004.
- Ncamihigo, O.; Brandelard, P. 1993. Effects of cutting heights and cutting frequencies on the annual yield of *Leucaena and Calliandra* hedges. In: Proceedings of the XVII international grassland congress, New Zealand and Queensland, Australia. Vol 1: pp. 2131-2132.

- Nordkvist, E. ; Åman, P., 1986. Cambios durante el crecimiento en composición anatómica y química y en degradability del vitro de lucerne. *Journal Sciences Cambridge Agriculture* 37:1-7.
- Norton, B.W.; Poppi, D.P., 1995. Composition and nutritional attributes of pasture legumes. In: J.P.F. D Mello (author). *C. Devendra* (ed). Tropical Legumes in Animal Nutrition, CAB Int. pp. 23-47.
- Nygren, P.; Cruz, P. 1998. Biomass allocation and nodulation of *Gliricidia sepium* under two cut and carry forage production regimes. *Agroforestry Systems*. 41: 277-292.
- Pathak, P.S. ; Rai, P. ; Riy, R.D. 1980. Forage production from koo-babool (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit). 1. Effect of plant density, cutting intensity and interval. *Forage Research*. 6: 83-90.
- Perdomo, P. 1991. Adaptación edáfica y valor nutritivo de 25 especies y accesiones de leguminosas arbóreas y arbustivas en dos suelos contrastantes. Tesis de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia. 128 pp.
- Pérez, P.; Meléndez, F. 1980. The effect of height and frequency of defoliation on formation of buds of *Leucaena leucocephala* in the state of Tabasco, Mexico. *Tropical Animal Production*. 5, 280.
- Pezo,D.1981. La calidad nutritiva de los forrajes.En: Producción y utilización de forrajes en el tropico: compendio. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie materiales de Enseñanza .No 10 pp. 70-102.
- Pezo,D.1981.El pasto base de la producción bovina..En:Aspectos Nutricionales en los Sistemas de Producción Bovina en el Tropicocompendio.Turrialba,Costa Rica,CATIE.Serie materiales de Enseñanza .No 15 pp. 87-109.

- Pizarro, E.A., Carvalho, M.A., Ramos, A.K.B.1996. Introducción y evaluación de leguminosas forrajeras arbustivas en el Cerrado Brasileño. En: Pizarro, E.A. y Coradin, L. (eds.). Potencial del genero *Cratylia* como leguminosa forrajera. EMBRAPA, Cenargen, CPAC y CIAT. Memorias del taller sobre *Cratylia*, 19-20 Julio 1995, Brasilia, Brasil. pp. 40-49.
- Queiroz, L.P. de. 1991. O genero *Cratylia* Mart ex Benth. (legumionosae: Papilionoideae: Phaseoleae) Revisao taxonomica e aspectos biologicos. MSc. Dissertacao. Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- Queiroz, L.P. ; Coradin, L. 1996. Biogeografia de *Cratylia* en áreas prioritarias para Coleta. In: Pizarro, E.A. y Coradin, L. (eds). Potencial de *Cratylia* como leguminosa forrajera. EMBRAPA, Cenargen, CPAC y CIAT. Memorias del taller sobre *Cratylia*, 19-20 Julio 1995, Brasilia, Brasil. pp. 1-12.
- Rachie, K.O. 1983. Intercropping tree legumes with annual crops. In: P.A. Huxley (ed). Plant Res. Agrof. ICRAF, Nairobi, Kenya. pp. 103-116.
- Reyes, S.N.; Ledin, S.; Ledin, I. 2006. Biomass production and nutritive composition of *Cratylia argentea* under different planting densities and harvest intervals. Journal of Sustainable Agriculture (*In Press*).
- RIEPT–MCAC. 1996. Red Internacional de evaluación de Pastos Tropicales para México, Centroamérica y el Caribe. Hoja informativa. 2(4):4.
- Ruiz, T.E. ; Flebes, G. 1998. Comportamiento de pastizales de leguminosas durante el período seco en Cuba. P. 74 - 83. 95 p.
- Saavedra C.E.; Rodriguez, N.M.; De Souza N.M. 1987. Producción del forraje, nutritivo de valor el consumo de *Leucaena leucocephala*. Pasturas Tropicales 9(2):6-10
- Savory, R.; Breen, J. 1979. The production of *Leucaena leucocephala* in Malawi. (iii) Plant population studies. UNDP/FAO Project MLW/75/020. Working Paper 17, Malawi, 33 p.

- Serrao, E.A. 1991. Sustainability of pastures replacing forest in the Latin American humid tropics; the Brazilian experience. In: DESFIL Humid tropical low lands conference. Panama, June 17-21. 32 p. mimeo.
- Serrao, E.A.; Toledo, J.M. 1990. The search for sustainability in Amazonian pastures. In: A.B. Anderson (ed). Alternatives to deforestation; Steps toward sustainable use of Amazonian rain forest. New York, USA, Columbia University Press. Pp 159-214.
- Silva, C.M. de S., 1992. Avaliação da camaratuba em um semi-árido Nordeste. Petrolina, PE. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Centro de Pesquisa Agropecuária em Tropicó Semi-Árido. *Boletim de Pesquisa número 43*. 19 pp.
- Silvester – Brandley, R.; Franco, D. M. A.; Mosquera, P.D. 1989. Efectividad relativa de combinaciones de rizobios con leguminosas forrajeras tropicales: Catálogo de resultados de ensayos en invernadero y campo. 5ta Ed. Documento de trabajo No. 49. CIAT, Calí, Colombia, 119 p.
- Sobrinho, J.M.; Nunes, R.M. 1996. Estudos desenvolvidos pela Empresa Goiana de pesquisa agropecuária com *Cratylia argentea*. In: Pizarro, E.A. y Coradin, L. (eds). Potencial de *Cratylia* como leguminosa forrajera. EMBRAPA, Cenargen, CPAC y CIAT. Memórias del taller sobre *Cratylia*, 19-20 Julio 1995, Brasília, Brasil. pp. 53-61.
- Schultze-Kraft, R. 1996. Leguminous forage shrubs for acid soils in the tropics. In: Elgersma, A.; Struik, P.C. and Maesen, L. J. G. van der (eds.). Grassland Science in Perspective. Wageningen Agriculture University, Papers 96-4. p. 67-81.
- Steinmüller, N. 1995. Agronomy of the N₂ fixing fodder trees *Sesbania sesban* (L.) Merr. *An sesbania goetzii* Harms in the Ethiopian highlands. Dr. sC. Agr. Dissertation. Verlag v. E. Graver, Stuttgart, Alemania 230p.
- Stern, W.R. 1965. The effect of density on the performance of individual plants in subterranean clover swards. Aust. J. Agric. Res. 16, 541–555.

- Stür, W.W.; Shelton, H.M.; Gutteridge, R.C. 1994. Defoliation management of forage tree legumes. In: R.C. Gutteridge and H.M. Shelton (eds). Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. CAB Int. Wallingford, UK.
- Teague, W. 1989. Effect of intensity and frequency of defoliation on aerial growth and carbohydrate reserve levels in *Acacia karoo* plants. *Journal Grasslands Society South. Agro.* 6: 132-138.
- Toledo, J.M.; Schultze-Kraft, R. 1982. Metodología para la Evaluación Agronómica de Pastos Tropicales. In: Toledo J.M. (ed.), Manual para la Evaluación Agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Centro Internacional de Agricultura Tropical, pp. 91-110. [www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/Manual_Evaluacion%20\(2\).pdf](http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/Manual_Evaluacion%20(2).pdf).
- Trujillo, W. 1992. Clipping height and interval effect on *Desmanthus virgatus*. Thesis MSc. University of Florida, USA. 134 p.
- Turgut, I.; Duman, A.; Bilgili, U.; Acikgoz, E. 2005. Alternate row spacing and plant density effects on forage and dry matter yield of corn hybrids (*Zea mays* L.). *Journal Agronomy Crop Science.* 191: 146-151.
- Tuwei, P.K.; Kangara, J.N.; Harvey, I.M.; Poole, J.; Ngugi, F.K.; Stewart, J.L. 2003. Factors affecting biomass production and nutritive value of *Calliandra calothyrsus* leaf as fodder for ruminants. *Journal Agricultural Science.* 141: 113-127.
- Ventura, J.C.; Pulgar, R. 1997. Efecto de la densidad de siembra y frecuencia de corte sobre los componentes de la producción y follaje de yuca *Manihot esculenta*, Crantz. *Revista Facultad de Agronomía. (Luz)* 7: 229-243.
- Voisin, A. 1967. Productividad de la Hierba. In: *Dinámica de los pastos.* Trad. 1ra. Ed. en Francés por Carlos de Cuenca. Edit. Tecnos, S.A.

Xavier, D. F.; Carvalho, M. M.; Botrel, M. A. 1990. Curva de crecimiento y acumulación de Proteína Bruta de leguminosa *Cratylia floribunda*. Pasturas Tropicales. 12 (1): 35-38.

Xavier, D.F.; Carvalho, M.M. 1996. Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* en zonas de Mata de Minas Gerais, In: Pizarro, E.A. y Coradin, L. (eds). Potencial de *Cratylia* como leguminosa forrajera. EMBRAPA, Cenargen, CPAC y CIAT. Memorias del taller sobre *Cratylia*, 19-20 Julio 1995, Brasilia, Brasil. pp. 29-39.

ANEXOS

1.A Análisis de varianza para Produccion de Materia Fresca Total

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	7 582	2 527	1.74	0.159
Densidad	2	22 464	11 232	7.75	0.001*
Bloque*Densidad	6	16 012	2 669	1.84	0.092
Densidad*Altura	4	351	88	0.06	0.993
Altura de corte	2	36 747	18 374	12.67	0.000**
Error	234	339 234	1 450		

ns= no significativo; *estadísticamente significativo; **altamente significativo

2 A. Análisis de varianza para la Producción de Materia Seca

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	297.9	99.3	0.96	0.411
Densidad	2	1 611.8	805.9	7.81	0.001*
Bloque*Densidad	6	1 265.8	211.0	2.04	0.061
Densidad*Altura	4	49.2	12.3	0.12	0.976
Altura de corte	2	4 468.0	2 234.0	21.65	0.000**
Error	234	24 145.6	103.2		

ns= no significativo; *estadísticamente significativo; **altamente significativo

3 A. Análisis de varianza para Alturas promedio de las plantas.

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	1916	639	0.62	0.60
Densidad	2	2366	1183	1.15	0.32
Bloque*Densidad	6	11458	1910	1.85	0.09
Altura de corte	2	82710	41355	40.09	0.000**
Densidad*Altura	4	456	114	0.11	0.98
Error	162	241365	1031		

ns= no significativo; *estadísticamente significativo; **altamente significativo

4 A. Análisis de varianza del Porcentaje de Materia Seca (% MS)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	778.65	259.55	3.25	0.023*
Densidad	2	161.98	80.99	1.01	0.364
Bloque*Densidad	6	168.08	28.01	0.35	0.909
Densidad*Altura	4	80.95	20.24	0.25	0.907
Altura de corte	2	113.57	56.79	0.71	0.492
Error	234	18 695.23	79.89		

ns= no significativo; *estadísticamente significativo; **altamente significativo

5 A. Análisis de varianza para el Porcentaje de Proteína Bruta (% PB)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	15.638	5.213	1.04	0.378
Densidad	2	33.678	16.839	3.35	0.038*
Bloque*Densidad	6	68.179	11.363	2.26	0.040*
Altura de corte	2	385.635	192.817	38.31	0.000**
Densidad*Altura	4	12.400	3.100	0.62	0.652
Error	162	815.384	5.033		

ns= no significativo; *estadísticamente significativo; **altamente significativo

6 A. Análisis de varianza para el Porcentaje de Fibra Detergente Ácido (% FDA)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	42.78	14.26	0.73	0.534
Densidad	2	122.50	61.25	3.15	0.046*
Bloque*Densidad	6	94.82	15.80	0.81	0.562
Altura de corte	2	715.33	357.66	18.38	0.000**
Densidad*Altura	4	13.74	3.44	0.18	0.950
Error	234	3 152.27	19.46		

ns= no significativo; *estadísticamente significativo; **altamente significativo

7 A. Análisis de varianza para el Porcentaje Fibra Detergente Neutro (%FDN)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	42.75	14.25	0.40	0.755
Densidad	2	6.28	3.14	0.09	0.916
Bloque*Densidad	6	34.10	5.68	0.16	0.987
Altura de corte	4	405.82	202.91	5.66	0.004*
Densidad*Altura	2	108.22	27.05	0.76	0.556
Error	162	5 804.82	35.83		

ns= no significativo; *estadísticamente significativo; **altamente significativo

8 A. Análisis de varianza para el Porcentaje de Digestibilidad In Vitro de Materia Seca (%DIVMS)

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	49.15	16.38	0.86	0.465
Densidad	2	58.43	29.21	1.53	0.220
Bloque*Densidad	6	146.45	24.41	1.28	0.271
Altura de corte	2	551.48	275.74	14.42	0.000**
Densidad*Altura	4	12.77	3.19	0.17	0.955
Error	162	3 098.74	19.13		

ns= no significativo; *estadísticamente significativo; **altamente significativo

9 A. Análisis de varianza para el Porcentaje de Hemicelulosa

F de V	GL	SC	CM	F	P
Bloque	3	2.67	0.89	0.06	0.98
Densidad	2	134.35	67.18	4.45	0.01*
Bloque*Densidad	6	64.80	10.8	0.72	0.64
Altura de corte	2	77.61	38.80	2.57	0.08
Densidad*Altura	4	66.29	16.57	1.10	0.36
Error	162	2 445.69	15.10		

ns= no significativo; *estadísticamente significativo; **altamente significativo