

**EVALUACIÓN INICIAL DE ESPECIES LEÑOSAS FORRAJERAS EN ZONAS DE
LADERA DE LOS MUNICIPIOS DE RESTREPO Y YOTOCO EN EL VALLE
DEL CAUCA**

PEDRO ANTONIO OJEDA PINTA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
PASTO - COLOMBIA
2004**

**EVALUACIÓN INICIAL DE ESPECIES LEÑOSAS FORRAJERAS EN ZONAS DE
LADERA DE LOS MUNICIPIOS DE RESTREPO Y YOTOCO EN EL VALLE
DEL CAUCA**

PEDRO ANTONIO OJEDA PINTA

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero
Agroforestal**

**PRESIDENTE
JESUS ANTONIO CASTILLO FRANCO
Ingeniero Agrícola M. Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
PASTO - COLOMBIA
2004**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo primero del acuerdo número 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota Aceptación

DANIEL ENRIQUE VILLADA I. A., M. Sc.
Copresidente de Tesis

HECTOR RAMIRO ORDOÑEZ I. F., M. Sc.
Presidente del Jurado

WILLIAM BALLESTEROS I. A., M. Sc.
Jurado

LUZ AMALIA FORERO I. F., M. Sc.
Jurado

San Juan de Pasto, Febrero de 2004.

DEDICO A:

Dios fuente de conocimiento y sabiduría; porque es la base que sustenta mis proyectos, metas y objetivos.

A mi madre María Gilma, fuente de amor y comprensión; porque en los momentos de tristezas es la paz que sosiega el espíritu y en los momentos de alegría es el complemento perfecto.

A mi padre Pablo Emilio, por su esfuerzo y apoyo incondicional; porque siempre, a pesar de las dificultades ha sido el medio para alcanzar mis propósitos.

A mis hermanas Marisol y María Cristina; porque son la fuerza que me impulsa a levantarme cuando caigo, mirar al frente, continuar el camino y triunfar.

A mis abuelos Pablo, José e Inés y a la memoria de Ernestina; porque son la experiencia que me ayudó a crecer personalmente.

A Teresa; porque me enseñó que convivir y entender a otra persona es un arte del cual nos volvemos maestros, cuando se fundamenta en el respeto y fidelidad mutua.

A mis amigos: Cristian, Juan Manuel, Richard, Wilfer, Carlos, Eduardo, Newman, Milena, Cristina, Danyeli, Carmen Lucia, Aydé, Ana María, Lisbeth y Gloria; porque la verdadera amistad no se improvisa...¡se vive!... y a pesar del tiempo y la distancia se fundamenta y crece.

PEDRO ANTONIO OJEDA PINTA

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a las siguientes personas por el apoyo y confianza brindados; de igual manera, por las ideas y sugerencias que enriquecieron el contenido de éste trabajo.

JOSÉ M. RESTREPO M. I. A. Esp. Director de la Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola (Fidar). Santiago de Cali, Valle del Cauca.

DANIEL E. VILLADA ZULUAGA. I. A. M. Sc. Asociado de investigación Fidar. Santiago de Cali, Valle del Cauca.

JOSE CESAREO GALLEGO. Técnico Agropecuario. Asociado de investigación Fidar. Santiago de Cali, Valle del cauca.

JESÚS ANTONIO CASTILLO FRANCO. I. A. M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

JORGE FERNANDO NAVIA ESTRADA. I. A. M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

TULIO CESAR LAGOS. I. A. M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

HECTOR ORDOÑEZ. I. F. M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

WILLIAM BALLESTEROS POSSU I. A. F. M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

FRANCISCO TORRES. I. A. M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

LUZ AMALIA FORERO. I. F. M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

MICHAEL PETERS. Ph. D. Director en investigación de gramíneas y leguminosas tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

LUIS HORACIO FRANCO. I. A. M. Sc. Asociado de investigación de gramíneas y leguminosas tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

LUZ STELLA MUÑOZ. Ph. D. Docente Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional sede Palmira.

JUAN MANUEL LÓPEZ. Economista. Egresado Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de Nariño.

CARLOS ALBERTO MOLINA. Egresado Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

ARLEY EDUARDO CAICEDO. Egresado Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

ELSA MILENA DELGADO. Egresado Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

NEWMAN KENNY VALENCIA. Egresado Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

Y a las siguientes entidades por el apoyo financiero y logístico que contribuyó en la realización del presente trabajo.

FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGRÍCOLA (FIDAR).

PROGRAMA NACIONAL DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA (PRONATTA).

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT).

UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Facultad de Ciencias Agrícolas.

UNIVERSIDAD NACIONAL. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Sede Palmira.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. MARCO TEORICO	24
1.1 SISTEMAS SILVOPASTORILES, UN PASO HACIA LA SUSTENTABILIDAD.	24
1.1.1 Pastura en callejones, un arreglo silvopastoril promisorio	24
1.1.1.1 Manejo	25
1.1.1.2 Experiencias	26
1.2 VENTAJAS DE LAS LEÑOSAS EN EL SISTEMA GANADERO	27
1.2.1 Leñosas como fuente de alimentación animal	28
1.2.1.1 <i>Calliandra calothyrsus</i> Meissn.	28
1.2.1.2 <i>Cratylia argentea</i> (Desvaux) O. Kuntze.	30
1.2.1.3 <i>Leucaena leucocephala</i> L.	32
1.2.1.4 <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray.	34
2. DISEÑO METODOLÓGICO	36
2.1 LOCALIZACIÓN	36
2.1.1 Municipio de Restrepo	36
2.1.2 Municipio de Yotoco	37
2.2 MATERIAL VEGETAL	37
2.3 ESTABLECIMIENTO	38
2.4 MANEJO	38
2.5 APROVECHAMIENTO	39

2.6 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	39
2.6.1 Definición del tamaño de parcela útil y muestreo de especies	39
2.6.2 Recopilación de información	39
2.7 TRATAMIENTOS, DISEÑO EXPERIMENTAL Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	40
2.8 ESTIMACIÓN DE COSTOS	41
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1 DESARROLLO DE LOS ARBUSTOS FORRAJEROS	43
3.1.1 Altura	43
3.1.1.1 Crecimiento de la especie forrajera <i>Calliandra calothyrsus</i>	45
3.1.1.2 Crecimiento de la especie forrajera <i>Cratylia argentea</i>	49
3.1.1.3 Crecimiento de la especie forrajera <i>Leucaena leucocephala</i>	51
3.1.1.4 Crecimiento de la especie forrajera <i>Tithonia diversifolia</i>	53
3.1.2 Diámetro basal	56
3.1.2.1 Diámetro basal de la especie <i>Calliandra calothyrsus</i>	56
3.1.2.2 Diámetro basal de la especie <i>Cratylia argentea</i>	57
3.1.2.3 Diámetro basal de la especie <i>Leucaena leucocephala</i>	60
3.1.2.4 Diámetro basal de la especie <i>Tithonia diversifolia</i>	60
3.2 CAPACIDAD DE REBROTE DE LOS ARBUSTOS FORRAJEROS	61
3.2.1 Número de rebrotes	61
3.2.2 Longitud de los rebrotes	63
3.3 PRODUCCIÓN DE FITOMASA DE LOS ARBUSTOS FORRAJEROS	66
3.3.1 Primer aprovechamiento	67
3.3.1.1 Producción de fitomasa total	67

3.3.1.2 Producción de fitomasa comestible	70
3.3.1.3 Producción de fitomasa no comestible	72
3.3.2 Promedio de aprovechamientos posteriores	73
3.3.2.1 Producción de fitomasa total	73
3.3.2.2 Producción de fitomasa comestible	76
3.3.2.3 Producción de fitomasa no comestible	78
3.4 ESTIMACION DE COSTOS	78
3.4.1 Establecimiento	78
3.4.2 Mantenimiento	81
4. CONCLUSIONES	83
5. RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFIA	85
ANEXOS	89

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Precipitación, altura, incremento corriente, incremento medio diario e incremento medio mensual presentados por los arbustos forrajeros durante el periodo de establecimiento en el municipio de Restrepo	47
Tabla 2. Precipitación, altura, incremento corriente, incremento medio diario e incremento medio mensual presentados por los arbustos forrajeros durante el periodo de establecimiento en el municipio de Yotoco	48
Tabla 3. Precipitación, diámetro basal, incremento corriente e incremento medio mensual presentados por los arbustos forrajeros durante el periodo de establecimiento en el municipio de Restrepo	58
Tabla 4. Precipitación, diámetro basal, incremento corriente e incremento medio mensual presentados por los arbustos forrajeros durante el periodo de establecimiento en el municipio de Yotoco	59
Tabla 5. Número y longitud promedio de rebrotes generados por los arbustos forrajeros durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento) en el municipio de Restrepo	61
Tabla 6. Número y longitud promedio de rebrotes generados por los arbustos forrajeros durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento), en el municipio de Yotoco	62
Tabla 7. Rendimientos de forraje verde obtenido en el primer aprovechamiento de los arbustos, en el municipio de Restrepo (300 días después de la siembra)	68
Tabla 8. Rendimientos de fitomasa obtenida en el primer aprovechamiento de los arbustos, en el municipio de Yotoco (180 días después de la siembra)	70
Tabla 9. Rendimiento promedio de fitomasa generada por los rebrotes de los arbustos durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento), en el municipio de Restrepo	74
Tabla 10. Rendimiento promedio de fitomasa generada por los rebrotes de los arbustos durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento), en el municipio de Yotoco.	75
Tabla 11. Costos de establecimiento y mantenimiento de los arbustos forrajeros durante el primer año de evaluación en los municipios de Restrepo y Yotoco	79

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Crecimiento de los arbustos forrajeros en el municipio de Restrepo hasta alcanzar y/o superar 1 metro de altura.	43
Figura 2. Crecimiento de los arbustos forrajeros en el municipio de Yotoco hasta alcanzar y/o superar 1 metro de altura.	44
Figura 3. Incremento medio mensual logrado por los arbustos forrajeros en los Municipios de Restrepo (300 días después de la siembra) y Yotoco (180 días después de la siembra)	45
Figura 4. Incremento corriente de altura de <i>Calliandra calothyrsus</i> con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Restrepo	46
Figura 5. Incremento corriente de altura de <i>Calliandra calothyrsus</i> con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Yotoco	49
Figura 6. Incremento corriente de altura de <i>Cratylia argentea</i> con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Restrepo	50
Figura 7. Incremento corriente de altura de <i>Cratylia argentea</i> con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Yotoco	51
Figura 8. Incremento corriente de altura de <i>Leucaena leucocephala</i> con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Restrepo	52
Figura 9. Incremento corriente de altura de <i>Leucaena leucocephala</i> con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Yotoco	53
Figura 10. Incremento corriente de altura de <i>Tithonia diversifolia</i> con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Restrepo	54
Figura 11. Incremento corriente de altura de <i>Tithonia diversifolia</i> con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Yotoco	55
Figura 12. Diámetro basal logrado por los arbustos forrajeros durante 1 año en el municipio de Restrepo	56
Figura 13. Diámetro basal logrado por los arbustos forrajeros durante 1 año en el municipio de Yotoco	57

Figura 14. Número promedio de rebrotes generados por los arbustos forrajeros durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento), en los municipios de Restrepo y Yotoco	62
Figura 15. Crecimiento promedio de los rebrotes generados por los arbustos forrajeros durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento) en el municipio de Restrepo	64
Figura 16. Crecimiento promedio de los rebrotes generados por los arbustos forrajeros durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento), en el municipio de Yotoco	65
Figura 17. Longitud promedio de los rebrotes generados por los arbustos forrajeros durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento), en los municipios de Restrepo y Yotoco	66
Figura 18. Producción de fitomasa obtenida en el primer aprovechamiento de los arbustos, en el municipio de Restrepo (300 días después de la siembra)	68
Figura 19. Producción de fitomasa obtenida en el primer aprovechamiento de los arbustos, en el municipio de Yotoco (180 días después de la siembra)	70
Figura 20. Producción promedio de fitomasa de los arbustos forrajeros en el municipio de Restrepo durante aprovechamientos posteriores	74
Figura 21. Producción promedio de fitomasa de los arbustos forrajeros en el municipio de Yotoco durante aprovechamientos posteriores	75
Figura 22. Costos de la incorporación de arbustos forrajeros bajo un arreglo de pastura en callejones	80
Figura 23. Distribución de los costos de incorporación de arbustos forrajeros bajo un arreglo de pastura en callejones	82

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Localización de la zona de estudio	90
Anexo B. Mapa de campo	91
Anexo C. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan del número de rebrotes generados por los arbustos forrajeros en el municipio de Restrepo	92
Anexo D. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan del número de rebrotes generados por los arbustos forrajeros en el municipio de Yotoco	92
Anexo E. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la longitud de los rebrotes generados por los arbustos forrajeros en el municipio de Restrepo	93
Anexo F. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la longitud de los rebrotes generados por los arbustos forrajeros en el municipio de Yotoco	94
Anexo G. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa total (primer aprovechamiento) en el municipio de Restrepo	94
Anexo H. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa total (primer aprovechamiento) en el municipio de Yotoco	95
Anexo I. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa comestible (primer aprovechamiento) en el municipio de Restrepo	96
Anexo J. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa comestible (primer aprovechamiento) en el municipio de Yotoco	97
Anexo K. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa no comestible (primer aprovechamiento) en el municipio de Restrepo	98

Anexo L. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa no comestible (primer aprovechamiento) en el municipio de Yotoco	98
Anexo M. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa total (aprovechamientos posteriores) en el municipio de Restrepo	99
Anexo N. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa total (aprovechamientos posteriores) en el municipio de Yotoco	100
Anexo O. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa comestible (aprovechamientos posteriores) en el municipio de Restrepo	101
Anexo P. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa comestible (aprovechamientos posteriores) en el municipio de Yotoco	102
Anexo Q. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa no comestible (aprovechamientos posteriores) en el municipio de Restrepo	102
Anexo R. Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa no comestible (aprovechamientos posteriores) en el municipio de Yotoco	103

GLOSARIO

ANDEVA: el análisis de varianza o Andeva, es una técnica estadística que sirve para desglosar o partir la varianza total en varios componentes de variación identificables. En síntesis, es un proceso analítico de descomposición de la suma de cuadrados asociados a cada componente del modelo.

ARBUSTO FORRAJERO: planta utilizada en la alimentación animal que presenta ventajas en términos nutricionales de producción y versatilidad agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente. Para que un arbusto sea considerado forrajero; debe cumplir las siguientes características: que el consumo por los animales sea adecuado como para esperar cambios en sus parámetros de respuesta; que el contenido nutricional sea atractivo para la producción animal; tolerante a poda; y que su rebrote sea suficientemente vigoroso como para obtener un nivel significativo de producción de forraje comestible por unidad de área.

COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN: indica el porcentaje de dependencia de la variable dependiente con respecto a la variable independiente.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN: indica el grado de asociación entre dos variables.

COSTOS: gasto necesario para alcanzar un nivel de producción

COSTOS DIRECTOS: aquellos que se identifican plenamente con el producto y están constituidos por la materia prima.

COSTOS ESTIMADOS: calculados en forma empírica, cuya finalidad es proyectar los elementos del costo (materia prima, mano de obra y costos indirectos), para determinar el precio de venta de un producto en particular.

COSTOS INDIRECTOS: aquellos que no se atribuyen en forma directa a un producto o proceso; es decir, son necesarios pero no identificados con el producto pero sí con la producción.

DEFOLIACIÓN: caída o pérdida de las hojas por efectos fisiológicos de la planta u ocasionados por un agente externo.

DIGESTIBILIDAD: medida en porcentaje de la cantidad de alimento utilizado por el animal.

FIBRA DETERGENTE ÁCIDO (FDA): corresponde a la fracción mineral y está constituida en su mayor parte por celulosa, lignina y parte de las cenizas, se correlaciona negativamente con la digestibilidad del forraje.

FIBRA DETERGENTE NEUTRO (FDN): constituyente de la pared celular, es considerada el esqueleto de las plantas y está representada fundamentalmente por carbohidratos estructurales, celulosa y hemicelulosa, la lignina y una parte de cenizas.

FITOMASA: hace referencia a las estructuras del sistema foliar de las plantas, desarrollado durante un periodo determinado y que corresponde a tallos, follaje, flores y frutos. En nuestro contexto, se denominará fitomasa a la cantidad de forraje verde (hojas, tallos tiernos y tallos lignificados) obtenidos de los arbustos forrajeros transcurrido un periodo de tiempo y a una altura de referencia.

FORRAJE: cantidad de fitomasa que aporta nutrientes a la dieta animal y/o que está disponible para ser usada como alimento para animales.

HOJAS COMPUESTAS: son hojas divididas, formadas por láminas llamados folíolos, los cuales se unen por un raquis, que es una prolongación del pecíolo. Los ejes que unen a los folíolos con el raquis, se denominan pecíolulos.

HOJAS PINNADAS: cuando los folíolos se insertan a uno y otro lado del raquis.

HOJAS SIMPLES: aquellas que poseen una sola lámina, limbo o folíolo.

INCREMENTO CORRIENTE: diferencia del crecimiento logrado entre una observación y otra en un periodo de tiempo consecutivo.

INCREMENTO MEDIO: crecimiento logrado en la variable medida, en un periodo de tiempo determinado.

LEGUMINOSAS: familia de plantas que producen legumbres y fijan nitrógeno en el suelo, mejorando su calidad.

LIGNIFICACIÓN: proceso por el cual los tejidos de las plantas pasan del estado herbáceo al estado leñoso, debido a la acumulación de lignina y derivados oxidados de la celulosa, en la membrana celular.

LIGNINA: compuesto heterogéneo, complejo y no digestible por los microorganismos rumiales, ni por las enzimas intestinales. Su contenido tiende a ser mayor a medida que la planta crece y madura y es responsable de la digestión incompleta de la celulosa y hemicelulosa, hasta el punto de ser considerada el principal factor limitante de la digestibilidad de los forrajes.

PALATABILIDAD: preferencia de los animales para consumir un forraje o alimento determinado.

PLATEO: eliminación de arvenses u otro tipo de plantas que representan, una competencia interespecífica para el cultivo principal.

PRUEBA DE COMPARACIÓN DUNCAN: se utiliza para comparar medias de tratamientos; teniendo en cuenta los órdenes que les toca a los promedios de los tratamientos en el ordenamiento general, dando mayores límites de significación (mayor exigencia) en las comparaciones de tratamientos más apartados en el ordenamiento.

RAMONEO: consumo que hacen los animales de las hojas, tallos y brotes tiernos, u otras partes vegetales de arbustos o árboles.

REBROTE: tallo nuevo que se genera de una planta, cuando se poda o se elimina la dominancia apical.

SUSCEPTIBILIDAD: carácter susceptible, capacidad de cambio o modificación.

TRIFOLIADAS: hojas con tres folíolos.

RESUMEN

Cuatro especies forrajeras fueron evaluadas en zona de ladera de los municipios de Restrepo y Yotoco en el Valle del Cauca (Colombia); a una altitud promedio de 1450 m. Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (T1 = *Calliandra calothyrsus*, T2 = *Cratylia argentea*, T3 = *Leucaena leucocephala* y T4 = *Tithonia diversifolia*) y tres réplicas por localidad.

El tamaño de las parcelas osciló entre 300 y 3000 m², considerando como parcela útil 10 plantas/especie/repetición. Los arbustos leguminosos se sembraron en triángulo a 3 x 3 m. y en medio de ellos; dentro del surco, se estableció *T. diversifolia* a 3 m. entre sitio. Se evaluó por localidad: crecimiento, diámetro basal, número de rebrotes, longitud de rebrotes y producción de forraje verde.

El incremento medio de altura y diámetro basal en Restrepo fue: *C. calothyrsus* 14.1 y 0.1 cm./mes; *C. argentea* 10.3 y 0.1 cm./mes; *L. leucocephala* 11.1 y 0.1 cm./mes; *T. diversifolia* 22.5 y 0.2 cm./mes; mientras en Yotoco éste incremento correspondió a: 35.5 y 0.2 cm./mes, 20.6 y 0.1 cm./mes, 30.5 y 0.2 cm./mes, 35.4 y 0.2 cm./mes para *C. calothyrsus*, *C. argentea*, *L. leucocephala* y *T. diversifolia* respectivamente.

Las variables, número y longitud de rebrotes en las dos localidades presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$). En Restrepo, el mayor número de rebrotes por planta lo reportaron *C. calothyrsus* (18.4), *L. leucocephala* (18.3) y *T. diversifolia* (20.2); y en Yotoco *T. diversifolia* (23.7). Con respecto a la longitud; en Restrepo, la mejor la lograron los rebrotes de *T. diversifolia* (64.3 cm.) y en Yotoco *C. calothyrsus* (62.8 cm.) y *T. diversifolia* (75.5 cm.).

En el primer aprovechamiento de forraje verde, en la zona de Restrepo se determinaron diferencias significativas ($P < 0.05$) y en Yotoco altamente significativas ($P < 0.01$); siendo *C. calothyrsus* y *T. diversifolia* los arbustos de mejor rendimiento/ha. El rendimiento promedio de los tres aprovechamientos posteriores en los dos municipios presentó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) y fue *T. diversifolia* la especie con el mayor rendimiento (917.58 Kg./ha y 1248.67 Kg./ha en Restrepo y Yotoco respectivamente).

Finalmente; se estimaron los costos parciales de establecimiento y mantenimiento de los arbustos evaluados, en este aspecto *T. diversifolia* ostentó la menor inversión (\$ 937.930/ha), en comparación a las especies *C. calothyrsus* (\$ 1'531.000/ha), *C. argentea* (\$ 1'707.600/ha) y *L. leucocephala* (\$ 1'386.100/ha).

Palabras claves: arbustos forrajeros, *Calliandra calothyrsus*, *Cratylia argentea*, *Leucaena leucocephala*, *Tithonia diversifolia*, crecimiento, número de rebrotes, longitud de rebrotes, forraje verde.

ABSTRACT

Four foraging species were evaluated in hillside zone in the municipalities of Restrepo and Yotoco at the department of Valle del Cauca (Colombia), at an average height of 1.450 m. A random design was used for the project which had four treatments (T1= *Calliandra calothyrsus*, T2 = *Cratylia argentea*, T3 = *Leucaena leucocephala* y T4 = *Tithonia diversifolia*) and three repetitions for locality.

The size of the smallholdings oscillated from 300 to 3000 m², considering as a useful smallholding 10 plants/species/repetition. The legume bushes were planted in a triangle way at 3 x 3 m. and in the middle of them, inside of the furrows, *T. diversifolia*, was established at 3 m. between plants. In every locality the evaluation was made: growing, basal diameter, number and length of buds and green legume production.

The average increase and basal diameter in Restrepo was: *C. calothyrsus*, 14.1 y 0.1 cm./month; *C. argentea* 10.3 and 0.1 cm./month; *L. leucocephala* 11.1 and 0.1 cm./month; *T. diversifolia* 22.5 and 0.2 cm./month; meanwhile this increase in Yotoco belonged to: 35.5 and 0.2 cm./month, 20.6 and 0.1 cm./month, 30.5 and 0.2 cm./month, 35.4 and 0.2 cm./month, for *C. calothyrsus*, *C. argentea*, *L. leucocephala* and *T. diversifolia* respectively.

The variables, number and length of buds in the two localities showed highly significant differences (P < 0.01). In Restrepo, the largest number of buds by plant were reported by *C. calothyrsus* (18.4), *L. leucocephala* (18.3) and *T. diversifolia* (20.2), and in Yotoco *T. diversifolia* (23.7). In relation to the length, in Restrepo, the best length was gotten by the buds of *T. diversifolia* (64.3 cm.), and in Yotoco *C. calothyrsus* (62.8 cm) and *T. diversifolia* (75.5 cm).

In the first exploitation of green legume at Restrepo's zone, it was determined significant differences (P < 0.05) and in Yotoco highly significant (P < 0.01), being *C. calothyrsus* and *T. diversifolia*, the bushes of best efficiency by hectare. The average effectiveness of the three subsequent exploitations in the two municipalities, highly significant differences were registered (P < 0.01) and was *T. diversifolia* the species with the highest efficiency (917.58 Kg. by hectare, and 1.248.67 Kg. by hectare in Restrepo and Yotoco respectively).

Finally, the partial costs of planting and maintenance of the evaluated bushes were estimated, in this aspect, *T. diversifolia*, presented the smallest investment (\$ 937.930 by hectare), in comparison to the species *C. calothyrsus* (\$ 1'531.000 by hectare), *C. argentea* (\$ 1'707.600 by hectare) and *L. leucocephala* (\$ 1'386.100 by hectare).

Key words: Foraging bushes, *Calliandra calothyrsus*, *Cratylia argentea*, *Leucaena leucocephala*, *Tithonia diversifolia*, growing, number of buds, buds' length, green legume.

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las zonas de ladera de los municipios de Restrepo y Yotoco en el Valle del Cauca; se está perdiendo la diversidad productiva, debido al proceso de conversión de las fincas cafeteras hacia el sistema de ganadería extensiva. Adicionalmente; casi en su totalidad, las nuevas praderas están cubiertas por pastos naturales, los cuales no presentan producciones óptimas de forraje que permitan mantener una productividad sustentable.

En este aspecto, la incorporación de especies perennes forrajeras de rápido crecimiento que complementen la dieta alimenticia de los animales puede convertirse en una alternativa de solución. Esta nueva estructura (sistema silvopastoril), permitirá por un lado diversificar la producción y por otro lograr un manejo sustentable del recurso agua, suelo y vegetación, disminuyendo de esta manera los procesos degradativos que generalmente ocurren bajo un sistema de monocultivo (pastos).

Dentro de este contexto los sistemas silvopastoriles parecen ser una alternativa a corto, mediano y/o largo plazo. La introducción de especies forrajeras (arbustos) al sistema de producción ganadero tradicional, además de ofrecer forraje de buena calidad, pueden ser utilizados como controladores de la erosión y en el largo plazo mejoradores de la fertilidad del suelo.

Sin embargo; es necesario considerar el potencial con que cuenta cada una de las especies leñosas forrajeras, ya que el escaso uso por parte de los productores ganaderos en la alimentación animal, radica algunas veces en el desconocimiento de las cualidades que presentan éste tipo de plantas. Por eso; las especies forrajeras se deben evaluar en diferentes agroecosistemas y bajo las condiciones de una zona geográfica en particular, para de esta manera conocer su potencial productivo.

Con base en lo anterior; el presente trabajo, se realizó con el propósito de cumplir los siguientes objetivos:

Evaluar especies leñosas forrajeras de rápido crecimiento; para su fomento, en zonas de ladera de los municipios de Restrepo y Yotoco en el Valle del Cauca.

Determinar el desarrollo de las especies leñosas forrajeras de rápido crecimiento, bajo un arreglo de pastura en callejones.

Determinar la producción de fitomasa de las especies leñosas forrajeras de rápido crecimiento, bajo un arreglo de pastura en callejones.

Estimar los costos de establecimiento y mantenimiento de las especies leñosas forrajeras de rápido crecimiento, bajo un arreglo de pastura en callejones.

1. MARCO TEORICO

1.1 SISTEMAS SILVOPASTORILES, UN PASO HACIA LA SUSTENTABILIDAD.

En el contexto de la FAO¹:

El desarrollo agropecuario y rural sustentable es la administración y conservación de la base de recursos naturales y la orientación de los cambios tecnológicos e institucionales de tal forma que aseguren el logro y satisfacción permanente de las necesidades humanas para el presente y futuras generaciones. Dicho desarrollo sustentable (en los sectores agropecuario, forestal y pesquero) conserva la tierra, el agua, los recursos genéticos de los reinos animal y vegetal, no degrada el medio ambiente, es tecnológicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable.

Para Sánchez, en la actividad ganadera; los sistemas silvopastoriles ofrecen una alternativa sustentable para aumentar la biodiversidad animal y/o vegetal y para aumentar los niveles de producción animal con reducida dependencia de los insumos externos, con ellos se trata de aprovechar las ventajas de varios estratos de la vegetación y de mejorar la dieta animal proporcionando una diversidad de alimentos, forrajes, flores y frutos que permitan al animal variar su dieta y aumentar su nivel de producción².

En este sentido; Pezo e Ibrahim mencionan que el sistema silvopastoril se convierte en una opción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles y/o arbustos), que interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales); todos ellos bajo un sistema de manejo integral. Dentro de los sistemas silvopastoriles, existen varias alternativas que pueden ser aceptadas y adoptadas por los productores ganaderos; entre ellas se puede mencionar: bancos de proteína, pastura en callejones, árboles dispersos en potreros, pastoreo en plantaciones, cercas vivas, barreras rompevientos, entre otras³.

1.1.1 Pastura en callejones, un arreglo silvopastoril promisorio: en el criterio de Pezo e Ibrahim; pastura en callejones, es un sistema en el cual se establecen bandas o hileras de leñosas perennes (preferiblemente leguminosas) de rápido crecimiento, con forrajeras herbáceas (gramíneas y/o leguminosas) entre las hileras de los árboles y/o arbustos; su

¹ FAO. Algunas aproximaciones a la definición de desarrollo sustentable. [en línea]. [Roma, Italia]. Mar, 1992. [Citado 8 abr, 2003]. Disponible en internet: URL: < www.geocities.com/Athens/Delphi/8644/tres.htm>.

² SÁNCHEZ, Manuel. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. [en línea]. [Roma, Italia]. FAO, Sept. 1998. [Citado 8 mar, 2003]. Disponible en internet: URL: <www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Sanchez1.htm>.

³ PEZO, Danilo e IBRAHIM, Muhamad. Sistemas silvopastoriles. Turrialba: CATIE-GTZ, 1999. p. 4 - 5.

objetivo es proveer a los animales mayor producción de forraje, mejorar la calidad del suelo y reducir los procesos de erosión del suelo. A diferencia de los bancos forrajeros pastoreados por unas pocas horas al día, en este tipo de sistema los animales permanecen todo el día en los potreros con las leñosas sembradas en callejones⁴.

1.1.1.1 Manejo. un aspecto importante en el manejo de perennes forrajeras es el momento de efectuar el primer aprovechamiento, pues ello afectará el engrosamiento de los tallos y el desarrollo del sistema radicular; esto a su vez influirá en la capacidad de rebrote luego de una defoliación y sobre la resistencia al daño mecánico que pueden ejercer los animales en pastoreo. En la mayoría de las leñosas perennes se recomienda efectuar la primera defoliación cuando las plantas han alcanzado de 1.0 a 1.5 metros de altura⁵.

Pezo e Ibrahim afirman:

El manejo del pastoreo/ramoneo, es el factor más determinante de la persistencia de los componentes del sistema de pastura en callejones y por ende del mantenimiento de su potencial productivo en el largo plazo. Cuando las leñosas presentes en el arreglo, han sido sembradas por semilla y producidas a nivel de vivero, la mayoría de las especies requieren de 12 a 18 meses antes de que se pueda ingresar los animales.

Bajo condiciones del trópico húmedo, este intervalo puede ser más corto (8 meses), especialmente si para la siembra se han utilizado estacas (propagación vegetativa); con éste sistema de siembra, es posible que a los 4 meses las leñosas presentan una buena cantidad de follaje, pero es recomendable demorar el primer pastoreo, para promover un mayor engrosamiento de los tallos.

Para asegurar la persistencia de las leñosas perennes es fundamental regular la carga animal y establecer un esquema de pastoreo rotacional, con un periodo de ocupación menor a 7 días y un periodo de descanso de 60 a 80 días; sin embargo, esto no debe tomarse como regla general, pues la carga óptima y el tiempo de uso depende del nivel de oferta de fitomasa comestible, o en otras palabras, del potencial de producción de fitomasa en un sitio determinado.

Bajo un manejo flexible, se considera que en aquellos periodos en los que las forrajeras crecen más aceleradamente se debe acortar el periodo de descanso, incrementar la carga o alargar el periodo de ocupación. Además; cuando se observa una disminución en la contribución del follaje de la leñosa a la fitomasa total, deberá prolongarse el periodo de descanso y acortarse cuando el remanente de follaje después de la defoliación es alto; también, el manejo debe incluir la poda periódica (no en todos los ciclos de pastoreo) a 1 metro de altura para eliminar los tallos

⁴ Ibid., p. 143.

⁵ Ibid., p. 113.

remanentes después de varios ciclos de pastoreo los cuales pueden superar los 2 metros de altura.

Cuando se diseñan las opciones de manejo flexible del pastoreo/ramoneo, debe considerarse que el periodo de descanso va a ser más largo en este tipo de asociaciones que en pasturas de sólo gramíneas; esto porque las leñosas presentan una menor tasa de rebrote que las gramíneas y también porque el crecimiento de éstas últimas puede verse demorado por la interferencia ejercida por la leñosa, si es que se usan distanciamientos muy cortos entre callejones⁶.

No obstante; según los anteriores autores⁷ el intervalo de descanso más prolongado va a afectar el valor nutritivo de la pastura, pero las pasturas asociadas a leñosas regularmente presentan niveles más altos de nitrógeno; además, el follaje de la leñosa debe contribuir a mejorar la calidad de la dieta, por lo menos en cuanto al nivel de proteína cruda.

1.1.1.2 Experiencias. en este aspecto, Ibrahim et al 8 presentan:

Asociaciones de *Leucaena leucocephala*, con pasto guinea *Panicum maximum* o *Brachiaria decumbens*, se manejan con periodos de descanso que varían de 30 a 80 días y cargas de 2.5 hasta 6 animales/ha. En el trópico húmedo de Costa Rica se investigó sobre la siembra de *Gliricidia sepium* y *Erythrina berteroana* en hileras cada 5 metros, dentro de pasturas de *Brachiaria brizantha* bajo pastoreo; durante 5 años de evaluación, la *Erythrina berteroana* tuvo mayor sobrevivencia (90 %), comparada con *Gliricidia sepium* (3 %) que prácticamente desapareció de la pastura.

En otro estudio; se evidenció que debido a los altos costos de establecimiento de la *Erythrina berteroana*, la tasa interna de retorno (TIR), para un sistema *Brachiaria brizantha*/*Arachis pintoi*/*Erythrina berteroana* era menor (35 %), que el obtenido para el asocio *Brachiaria brizantha*/*Arachis pintoi* (135 %); sin embargo, no se evaluaron los posibles beneficios ecológicos por la introducción de la leguminosa arbórea.

En este sistema, la integración de árboles maderables en bajas densidades dentro de las hileras de los forrajeros, puede contribuir en mayores beneficios económicos para los productores; para ello hay que estudiar métodos de siembra, arreglos espaciales, competencia entre las especies y beneficios económicos para hacer recomendaciones a los productores.

⁶ Ibid., p. 145.

⁷ Ibid., p.147.

⁸ IBRAHIM, Muhammad *et al.* Sistemas silvopastoriles en América Central: experiencias de Catie. [En línea]. [Cali, Colombia]. CIPAV-CATIE, Oct. 1999 [Citado 27 May. 2003]. Disponible en internet: URL: <www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/IbrahimM.htm>.

1.2 VENTAJAS DE LAS LEÑOSAS EN EL SISTEMA GANADERO

Para Pezo e Ibrahim⁹, la incorporación de las leñosas perennes (árboles y/o arbustos) en sistemas de producción ganadera es una estrategia que contribuye potencialmente a contrarrestar los impactos ambientales negativos.

Como afirma Argel y Lascano:

Uno de los componentes leñosos dentro de esta perspectiva a incluir en este sistema son las leguminosas forrajeras arbustivas; este tipo de especies presenta un gran potencial para mejorar los sistemas de producción de rumiantes; particularmente en zonas subhúmedas (4 - 6 meses de sequía) del trópico, todo esto porque producen más fitomasa que las herbáceas, tienen la capacidad de rebrotar y ofrecen forraje de buena calidad en localidades con sequías prolongadas; además tienen otros usos alternativos tales como fuente de leña, barreras rompevientos, cercas vivas o para controlar la erosión en zonas de ladera como barreras vivas¹⁰.

Sin embargo; Franco et al¹¹, deduce que la inclusión de árboles o arbustos forrajeros, significa un punto de partida en el reto de la ganadería tropical moderna; consistente por un lado en incrementar la productividad de leche y carne en forma acelerada y sostenible para suplir la creciente demanda de la población y por otro, en garantizar la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente.

Pezo e Ibrahim¹² aseveran que el alto contenido de proteína cruda ha sido el atributo que más se ha destacado en el follaje de las leñosas perennes, especialmente cuando se trata de leguminosas. Quizás muchos productores no posean suficiente tierra como para dedicar grandes extensiones al establecimiento de pasturas; pero, sí pueden disponer de espacio para árboles en pequeños grupos o en cercas vivas, especialmente si se trata de árboles de propósito múltiple, que además de forraje para los animales puedan proporcionar madera, leña, frutos, semilla, entre otros¹³.

⁹ PEZO e IBRAHIM, Op. cit., p. 3.

¹⁰ ARGEL, Pedro y LASCANO, Carlos. *Cratylia argentea*: una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. [en línea]. [Roma, Italia]. FAO – CIAT, Jun. 1998 [citado 28 mar, 2003]. Disponible en internet: URL: <www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Lascan11.pdf>.

¹¹ FRANCO, Marco et al. Calidad nutricional de *Cratylia argentea* como suplemento en el sistema de producción doble propósito en el trópico subhúmedo de Costa Rica. [en línea]. [Cali, Colombia]. CIPAV-CATIE, Oct. 1999 [citado 28 de mar, 2003]. Disponible en internet: URL: <www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Franco.htm>.

¹² PEZO e IBRAHIM, Op. cit., 17.

¹³ MONTAGNINI, Florencia et al. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. San José: Organización para Estudios Tropicales, 1992. p. 83.

1.2.1 Leñosas como fuente de alimentación animal. un gran número de árboles y arbustos tropicales son conocidos y usados tradicionalmente por su forraje; este tipo de vegetación es muy valiosa por su presencia durante las temporadas de sequía, cuando los pastos pueden escasear o pueden estar en condiciones de bajo valor nutritivo; adicionalmente, los árboles y arbustos productores de vainas pueden llegar a ser una fuente útil de energía y concentrados de proteína¹⁴.

Según Sánchez:

Es claro que las mejoras en los sistemas de producción animal, no hay que buscarlas mirando hacia abajo (buscando pastos y leguminosas rastreras), sino hacia arriba (buscando árboles y arbustos forrajeros); en otras palabras, se tiene que regresar a modelos más cercanos a la vegetación original, pero especialmente diseñados para aumentar la productividad de los mismos.

Sin embargo, la mayoría de las especies arbóreas y/o arbustivas requieren de un periodo de tiempo prolongado; es decir, que se pueden aprovechar en el mediano y/o largo plazo, lo cual no es muy viable cuando por cuestión de tiempo y a veces económicas muchas de las alternativas de sistemas silvopastoriles no pueden desarrollarse; por ello, dentro del proceso de reconversión del sistema de producción ganadera tradicional a sistemas silvopastoriles es importante la utilización de especies leñosas de rápido crecimiento que contribuyan en la disminución de las variables costo y tiempo; que al parecer juegan un papel fundamental dentro del proceso de adopción de una determinada alternativa productiva¹⁵.

1.2.1.1 Calliandra calothyrsus Meissn.

➤ **Descripción.** es un árbol pequeño, frondoso, que crece hasta una altura de 12 metros con un diámetro a la altura del pecho de 20 cm.; las hojas son suaves, bipinnadas, con un tamaño de hasta 20 cm. de largo y 15 cm. de ancho; la inflorescencia se desarrolla en las ramas terminales, cada flor se abre por solo una noche ostentando vistosos filamentos que son generalmente blancos en la base y rojos en la punta; las vainas toman de dos a cuatro meses para desarrollarse y cuando maduran alcanzan 12 cm. de largo y casi 2 cm. de ancho; y contienen de ocho a doce semillas de forma elipsoide y aplanada¹⁶.

¹⁴ NAIR, Ramachandra. Agroforestería. Chapingo: Universidad Autónoma de Chapingo, 1997. p. 200.

¹⁵ SÁNCHEZ, Op. cit.

¹⁶ FACT NET, WINROCK INTERNATIONAL (Estados Unidos). *Calliandra calothyrsus*: un descubrimiento para regiones tropicales húmedas. [online]. [Morrilton, EEUU]. Red de Información sobre Árboles para Bosques, Fincas y Comunidades, Jul. 1999 [cited 31 de Ene, 2003]. Disponible en internet: URL: < www.winrock.org/forestry/factpub/FACTSH/SPFACTS/Calliandraalot.pdf>.

➤ **Ecología.** se encuentra a lo largo de los ríos pero puede alcanzar rápidamente cualquier área donde la vegetación esté alterada como por ejemplo a orillas de carreteras y laderas escarpadas; en su hábitat de América Central, crece desde el nivel del mar hasta una elevación de 1900 metros, se encuentra en áreas donde la precipitación anual promedio es de 700 a 3000 milímetros, la estación seca oscila entre 1 - 7 meses y la temperatura mínima anual promedio es de 18 – 22 grados centígrados¹⁷.

Crece en una amplia gama de suelos como volcánicos profundos, franco-arenosos, arcillo-arenosos, aluviales, pedregosos, erosionados, pesados, compactados y con poca aireación; parece ser tolerante a suelos ácidos con valores de pH alrededor de 4,5¹⁸.

➤ **Crecimiento vegetativo.** *C. calothyrsus*, como muchas otras leguminosas arbóreas, presenta un crecimiento lento después de su establecimiento en campo, esto puede suceder a causa de una asociación pobre e ineficaz con micorrizas; sin embargo, una vez que se ha micorrizado presenta un rápido crecimiento. En Indonesia, parcelas de ensayo mostraron un crecimiento de 2,5 a 3,5 metros en un periodo de solo 6 a 9 meses¹⁹. También se reporta que *C. calothyrsus* puede alcanzar una altura de 276 cm. en un periodo de 12 meses, lo que representa una tasa de crecimiento de 23 cm. por mes²⁰.

➤ **Rendimiento de forraje.** debido a su rápido crecimiento y a su capacidad para rebrotar; *C. calothyrsus*, es un componente muy útil en los sistemas de producción animal, usándose en sistemas de pastoreo y/o de corte y acarreo. Para bancos de forraje es plantada a menudo a una distancia de 1 x 1 m, o en setos vivos a 2 m entre surco y 0,5 m. entre planta; dependiendo de las condiciones ambientales puede ser cosechada de 4 a 6 veces al año, la poda debe hacerse 30 cm. sobre la superficie del suelo y deberán podarse nuevamente cuando los rebrotes hayan alcanzado 1 metro de longitud; bajo este sistema de manejo, los rendimientos de materia seca pueden ser de 3 a 8 t/ha/año²¹.

En Hawaii, en un experimento que evaluó nueve árboles leguminosos para implementarse en cultivos en callejones; *C. calothyrsus*, produjo 4,3 t/ha de materia seca y fue quinta detrás de *Sesbania sesban*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *Cajanus cajan*. En Samoa Occidental, *C. calothyrsus* y *G. sepium*, después de cuatro años presentaron producciones similares de materia seca, aproximadamente 10 t/ha/año, en callejones de cuatro metros y se han divulgado producciones de forraje verde de hasta 46,2 t/ha/año de *C. calothyrsus*.

¹⁷ PALMER, B.; MACQUEEN, D. y GUTTERIDGE, Ross. *Calliandra calothyrsus*: a multipurpose tree legume for humid locations. Queensland: Department of Agriculture the University of Queensland, 1994. p. 66.

¹⁸ FACT NET, WINROCK INTERNATIONAL (Estados Unidos), Op. cit.

¹⁹ PALMER; MACQUEEN y GUTTERIDGE, Op. cit., p. 68.

²⁰ SALAZAR, Ángela y PÉREZ, Jorge. Selección de árboles multipropósito para cultivo en callejones: evaluación y manejo. Yarimagua: INIPA, 1987. p. 246.

²¹ FACT NET, WINROCK INTERNATIONAL (Estados Unidos), Op. cit.

En Australia, en un suelo con pH 5,3 y capacidad de intercambio catiónico (CIC expresada en meq/100g de suelo) de 2,39; la producción anual de forraje verde (hojas y tallos tiernos) fue de 11,3 t/ha y en un suelo con pH 5,3 con una CIC de 0,83 la producción fue de 3 t/ha; mientras tanto, en Indonesia y bajo las condiciones de un suelo con pH 5,3 y CIC de 0,83 la producción fue de 3 t/ha; y en uno con pH 4,9 y CIC de 0,87 fue de 2,3 t/ha; aunque, las producciones anuales de forraje de *C. calothyrsus* en Indonesia están en el orden de 7 a 10 t/ha de materia seca, las cuales se han registrado en una gama de zonas edáficas y climáticas²².

➤ **Calidad nutricional.** las porciones comestibles (hojas, flores y tallos tiernos) contienen un porcentaje de proteína cruda del 20 al 25 %, que la convierten en un buen suplemento para dietas básicas con pasto u otra clase de alimento de baja calidad²³.

En Indonesia se ha reportado que el follaje de *C. calothyrsus* presenta un 22 % de proteína cruda, 30 al 70 % de fibra y un porcentaje de digestibilidad del 60 al 65 %, además se ha encontrado altos contenidos de tanino condensado (11,07%) según el método vanillin-HCl²⁴.

En Costa Rica, los valores obtenidos sobre los parámetros nutricionales de *C. calothyrsus* son 30 % de proteína cruda (PC), 55,4 % de fibra detergente neutro (FDN), 24,3 % de fibra detergente ácido (FDA) y un 34,0 % de digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS)²⁵.

1.2.1.2 *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze.

➤ **Descripción.** es un arbusto que alcanza una entre 1,5 y 3 metros de altura o en forma de lianas volubles; las hojas son trifoliadas, los folíolos son membranosos o coriáceos, con los dos lados laterales ligeramente asimétricos; la inflorescencia es un pseudorácimo, las flores presentan pétalos de color lila y el fruto es una legumbre dehiscente que contiene 4 a 8 semillas en forma lenticular, circular o elíptica²⁶.

➤ **Ecología.** durante la última década el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en colaboración con otras instituciones de América tropical han realizado estudios de adaptación de este cultivar; estas evaluaciones se han realizado en Colombia, Costa Rica, México, Guatemala, Brasil y Perú; las precipitaciones de los sitios de evaluación han variado desde 997 hasta 4000 mm. anuales, con un número de meses secos de 0 a 6 y en suelos de tipo oxisol, ultisol e inceptisol con pH 3,8 a 5,9 y saturación de aluminio de 0 a 87 %²⁷.

²² PALMER; MACQUEEN y GUTTERIDGE, Op. cit., p. 69 - 71.

²³ FACT NET, WINROCK INTERNATIONAL (Estados Unidos), Op. cit.

²⁴ PALMER; MACQUEEN y GUTTERIDGE, Op. cit., p. 71.

²⁵ FLORES, O. *et al.* Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. [en línea]. [Turrialba, Costa Rica]. CATIEV, Sep. 1998 [citado 4 Feb, 2003]. Disponible en internet: URL: < www.cipav.org.co/lrrd/lrrd10/1/cati101.htm >.

²⁶ LASCANO, Carlos et al. Cultivar veraniega *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze: leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con períodos prolongados de sequía en Colombia. Villavicencio: CORPOICA – CIAT, 2002. p. 3.

²⁷ FRANCO et al., Op. cit.

➤ **Crecimiento vegetativo.** se reporta que en la etapa de vivero con una duración de 90 días, *C. argentea* alcanzó un promedio de 17 cm. de altura, en una zona con temperatura promedio de 22 ° C, precipitación anual de 1580 mm. y a una altitud de 1000 metros²⁸. Después del establecimiento, su crecimiento es lento los dos o tres primeros meses, a pesar que el vigor de la plántula es mayor que el de otras especies arbustivas como *L. leucocephala*²⁹.

En el Centro Nacional de Pesquisa de Gabo de Leite (CNPGL) Minas Gerais entre altitudes de 410 a 704 m.s.n.m., precipitación promedio anual de 500 mm. y una temperatura promedio anual de 19,5 ° C.; *C. argentea* alcanzó una altura de 45 cm. dos meses después de la siembra y a los diez meses de edad alcanzó 190 cm. de altura³⁰.

En dos sitios de la misma región del Cauca (Colombia), a 1350 y 1600 m.s.n.m. se encontró un año después del trasplante, que las plantas de *C. argentea* alcanzaron alturas de 115 y 64 cm. respectivamente. Igualmente, resultados de un ensayo preliminar realizado a 1500 m.s.n.m. en Pescador, Cauca, Colombia; seis meses después de la siembra *C. argentea* presentó una altura entre 127 y 157 cm.; no obstante, en este ensayo las plantas no se ramificaron sino que presentaron solo un tallo principal³¹.

En un ensayo realizado en la finca Papinas, localidad de Granada en el departamento del Meta (Colombia); el crecimiento de *C. argentea* nueve meses después del establecimiento y bajo distancias de siembra de 30 x 30 cm., 60 x 30 cm., 60 x 60 cm. y 90 x 90 cm.; la altura lograda por la planta fue de 139, 131, 133 y 123 cm. respectivamente³².

Una evaluación realizada en Atenas y San Isidro (Costa Rica), reporta que aproximadamente cuatro meses después de la siembra en el campo, se realizó un corte uniforme a 70 cm. sobre el nivel del suelo a las plantas de *C. argentea* para determinar el desarrollo de los rebrotes, los cuales alcanzaron una longitud promedio de 47 cm. a las 14 semanas de crecimiento. Por otro lado; en los ensayos en Isla (México), los rebrotes han alcanzado alturas de 27 y 67 cm. a las cuatro y doce semanas; mientras que en Subín (Guatemala), no alcanzaron el mismo vigor y presentaron una longitud promedio de 24 cm. en 12 semanas de edad³³.

➤ **Rendimiento de forraje:** en Costa Rica; se reportó mayor producción individual por planta cuando la densidad de siembra fue de 6000 plantas/ha (100 g/planta de materia seca),

²⁸ PIZARRO, Esteban; CARVALHO, Marcelo y RAMOS, Allan. Introducción y evaluación de leguminosas forrajeras en el cerrado brasileño. Brasilia: EMBRAPA – CENARGEN – CPAC – CIAT, 1995. p. 44.

²⁹ ARGEL y LASCANO, Op. cit.

³⁰ FERREIRA, Deise y MEZQUITA, Margarida. Acalicao agronómica da *Cratylia argentea* na zona da mata de Minas Gerais. Brasilia: EMBRAPA – CENARGEN – CPAC – CIAT, 1995. p. 32.

³¹ MAASS, Brigitte L. Evaluación agrnómica de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en Colombia. Brasilia: EMBRAPA – CENARGEN – CPAC – CIAT, 1995. p. 69 - 70.

³² LASCANO et al., Op. cit., p. 11.

³³ ARGEL, Pedro. Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* en México y Centroamérica. Brasilia: EMBRAPA – CENARGEN – CPAC – CIAT, 1995. p. 79 - 80.

que en la densidad de siembra de 10000 plantas/ha (75 g/planta de materia seca), en plantas menores de un año y cosechadas cada 8 semanas; en estos estudios la producción estimada de materia seca por área fue mayor en esta última densidad (0,75 t/ha/corte) que en la primera (0,67 t/ha/corte)³⁴.

También se ha observado que plantas de *C. argentea* cortadas por primera vez a los 4 meses de edad y después cada 8 semanas rindieron en promedio después de 9 cortes significativamente menos (65 g MS/planta/corte) que las cortadas inicialmente a los 6 y 8 meses de edad (77 y 101 g MS/planta/corte respectivamente); esto indica que entre más desarrollo tengan las plantas al momento del primer corte, los rendimientos de fitomasa esperados serán mayores³⁵.

En Colombia, en la finca Papinas, localidad de Granada en el departamento del Meta (Colombia) se encontró bajo diferentes distancias de siembra (30 x 30 cm., 60 x 30 cm., 60 x 60 cm. y 90 x 90 cm.) una producción de forraje fresco en el primer corte (hoja, tallo fino y tallo grueso) de 18; 7; 4.9; y 2.1 t/ha respectivamente, a una altura de corte de 50 cm.³⁶.

➤ **Calidad nutricional.** en rebrotes de 4 meses de edad; se reporta que *C. argentea* presenta 23 % de proteína cruda (PC), 54 % de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), 64 % de fibra detergente neutro (FDN) y 34.8 % de fibra en detergente ácido (FDA)³⁷.

Se ha encontrado también que a las 8 y 12 semanas de edad del rebrote, promedios de 22 y 26 % de proteína cruda y 45 a 52 % de DIVMS; estos valores están dentro del rango encontrado para leguminosas forrajeras tropicales y adecuadas desde el punto de vista nutricional para un forraje en zonas del trópico seco³⁸.

En Costa Rica, rebrotes (follaje y tallos tiernos) de 4 a 6 meses presentaron los siguientes parámetros nutricionales 23,8 % de PC; 51,9 de DIVMS; 60,1 % de FDN y 34,1 de FDA³⁹.

1.2.1.3 *Leucaena leucocephala* L.

➤ **Descripción.** árbol de 15 a 20 m. de altura, tronco de corteza lisa, raíces profundas; follaje verde claro, hojas alternas, bipinnadas de 10 a 30 cm. de longitud; flores blancas, muy

³⁴ ARGEL, Pedro et al. Cultivar veraniega *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze : una leguminosa arbustiva para la ganadería de América Latina tropical. San José : Consorcio Tropileche – Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG), 2002. p. 17.

³⁵ ARGEL y LASCANO, Op. cit.

³⁶ LASCANO et al., Op. cit., p. 10.

³⁷ Ibid., p. 15.

³⁸ FRANCO et al., Op cit.

³⁹ FLORES et al., Op. cit.

vistosas, agrupadas en racimos globosos; frutos en legumbre, dehiscentes, de 15 cm. de longitud, con varias semillas de color marrón de 5 a 9 mm. de longitud⁴⁰.

➤ **Ecología.** crece desde el nivel del mar hasta los 1500 m.s.n.m., con temperaturas medias de 18 a 24 ° C considerándose óptimas aquellas entre 25 y 35 ° C razón por la cual a altas latitudes o en zonas elevadas del trópico su crecimiento se reduce; se considera que el rango óptimo de precipitación está entre 800 y 1800 mm./año; prospera en suelos de muy variadas texturas, incluyendo arcillas pesadas, cercanos a la neutralidad o ligeramente alcalinos con pH entre 6.0 y 7.7; no se recomienda en suelos con pH menor a 5.5⁴¹.

➤ **Crecimiento vegetativo.** *L. leucocephala* es una especie de rápido crecimiento, presenta una longevidad de 50 años; muestra un incremento medio anual de 2,8 m. de altura y 2,4 cm. de diámetro; sin embargo su crecimiento es lento en las primeras etapas de desarrollo en sitios donde no hay una estación seca bien definida y la precipitación es mayor a 2500 mm./año.

Algunos resultados demuestran que cuando se siembra semillas de esta especie a una distancia entre surcos dobles de 3 m. separados a 0,75 m. entre ellos y se intercala con cultivos transitorios mientras se desarrolla, puede alcanzar una altura de 167 cm. en 12 meses y alcanzar una producción de 89 g MS/planta.

Igualmente, se determinó que bajo un sistema de manejo de arvenses total la planta alcanzaba 174,6 cm. de altura 5 meses después de la siembra; si se intercalaba con cultivos de ciclo corto lograba una altura de 78,4 cm. y si no se hacía ningún control de malezas la planta alcanzaba solo una altura de 19,1 cm. en el mismo periodo. Se reporta También que *L. leucocephala* a una distancia de siembra de 2 x 3 m y bajo condiciones ambientales estresantes de Cuba, la planta puede alcanzar una altura de 79,4 cm. en 180 días y 101,1 cm. en 360 días; a partir de una altura de siembra de 29,0 cm.⁴².

➤ **Rendimiento de forraje.** la producción de forraje está determinada en alto grado por factores como fertilidad y fertilización del suelo, condiciones climáticas y manejo de la defoliación; sin embargo, los mejores rendimientos de material comestible o fracción fina (hojas, brotes y tallos tiernos con diámetro inferior a 6 mm.) alcanzan las 30 t/ha/año y han sido reportados en regiones tropicales con suelos fértiles y profundos que reciben una precipitación mayor a 1500 mm. bien distribuidos y donde la planta es cortada o ramoneada con una frecuencia de 6 a 8 semanas; sin embargo, el rango normal de producción se ubica entre la 6 y 18 t/ha/año⁴³.

⁴⁰ TOKURA, Yuji et al. Especies forestales del Valle del Cauca. Cali: Lerner, 1996. p. 187.

⁴¹ SHELTON, H. y BREWBAKER, J. *Leucaena leucocephala*: the most widely used forage tree legume. Queensland: Department of Agriculture the University of Queensland. p. 16.

⁴² RUÍZ, T. E. et al. La experiencia cubana en la agronomía y manejo de *Leucaena leucocephala*. [en línea]. [Cali, Colombia]. ICA (Cuba)-CIPAV, Sept. 1998 [citado 7 de May, 2003]. Disponible en internet: URL: <www.cipav.org.co/redagfor/memorias99/RuizTE2.htm>.

⁴³ FARIA, Jesús y MORILLO, David. *Leucaena*: cultivo y utilización en la ganadería bovina tropical. Maracaibo: Corpozulia - Fonaiap – Luz, 1997. p. 65.

➤ **Calidad nutricional.** la composición química encontrada en hojas de *L. leucocephala* presenta un 11 % de ceniza total; 25,9 % de proteína cruda; 20,4 de fibra detergente ácido (FDA); 2,36 % de calcio; 0,23 % de fósforo⁴⁴.

Mientras que en una evaluación bromatológica de los parámetros nutricionales de algunas leguminosas y no leguminosas arbóreas en Costa Rica; tomando rebrotes (follaje y tallos tiernos) de 4 a 6 meses de árboles seleccionados al azar de *L. leucocephala*, ésta presentó los siguientes valores: 24,5 % de proteína; 45,2 % de FDN; 25,5 % de FDA y 51,1 % de DIVMS⁴⁵.

1.2.1.4 *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray.

➤ **Descripción.** es una planta perenne, de crecimiento arbustivo que puede alcanzar hasta 4 metros de altura; hojas lobuladas, de bordes aserrados, ubicadas de forma alterna a lo largo del tallo, con un tamaño entre 7 y 20 cm. de largo por 4 a 20 cm. de ancho; las flores se encuentran dispuestas en grupos, es decir en inflorescencia llamada capítulos; los frutos son de tipo aquenio y se disponen en el centro del capítulo, cada flor produce una sola semilla.

➤ **Ecología.** crece bien en diferentes climas y sobre varias clases de suelo, tolerando condiciones de acidez y baja fertilidad; en Colombia se encuentra en sitios ubicados desde el nivel del mar hasta los 2200 metros de altura, con lluvias entre 800 y 5000 mm./año; pero es común encontrar esta especie en la zona cafetera entre los 1200 y 1800 m.s.n.m.⁴⁶.

➤ **Crecimiento vegetativo.** una investigación realizada en Buga, Valle, Colombia; reporta que después de 21 días de siembra, la planta presenta una altura entre 5,9 y 6,8 cm.; a los 35 días de 19 a 25 cm.; a los 49 días de 44 a 48,5 cm. y a los 110 días alcanzó una altura entre 176 y 190 cm.; lo que representa un incremento diario de oscila entre 1,9 y 2,1 cm./día⁴⁷.

➤ **Rendimiento de forraje.** *T. diversifolia* se comienza a cosechar cuando la planta está bien establecida, lo cual sucede aproximadamente a los 4 meses después de la siembra por estaca; la producción de forraje en buenas condiciones de humedad y fertilidad, es en promedio de 2,6 Kg. por planta cada 2 meses. En plantas cultivadas a una distancia de 0.50 x 0.75 m. se obtiene en promedio 1,3 Kg. de forraje por planta cada 7 semanas y a una distancia de 0.75 x 1 m. la producción aumenta a 2 Kg. por planta en el mismo tiempo de corte⁴⁸.

⁴⁴ Ibid., p. 96.

⁴⁵ FLORES et al., Op. cit.

⁴⁶ RÍOS, Clara. Guía para el cultivo y aprovechamiento del botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Bogotá: Convenio Andrés Bello, 2002. p. 6 -9.

⁴⁷ RÍOS, Clara. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. [en línea] [Roma, Italia]. CIPAV-FAO, Jun. 1998 [citado 4 de Feb, 2003]. Disponible en internet: URL: <<http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Rios14.pdf>>

⁴⁸ RÍOS, Op. cit., p. 14 - 15.

A una altura de corte de 10 y 50 cm., la fitomasa fresca es de 3,37 y 3,11 Kg./planta; con un potencial de producción de 60 y 63 t/ha respectivamente⁴⁹. Bajo diferentes densidades de siembra (0,5 x 0,75 m.; 0,75 x 0,75 m.; y 0,75 x 1 m.) y en cortes sucesivos cada siete semanas se ha obtenido una producción de fitomasa comestible (hojas, peciolo y tallos hasta de 2 cm. de diámetro) de 1,3; 1,8 y 2,0 Kg./planta; lo que representa una producción potencial de 37992, 31463 y 27106 Kg./ha respectivamente⁵⁰.

➤ **Calidad nutricional.** *T. diversifolia* presenta un contenido de proteína del 24,2 %; Fibra Detergente Neutro (FDN) del 35,3 %; Fibra Detergente Ácido (FDA) del 30,4 %; y Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del 63,3 %; igualmente se reporta altos niveles de fósforo (0,32 a 0,39 %) y calcio (1,65 a 2,25 %); así como una degradabilidad *in sacco* de la materia seca del 50,75 %; 83,25 %; 90,17 % a las 12, 24 y 48 horas respectivamente⁵¹.

⁴⁹ RÍOS, Clara y SALAZAR, Amparo. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una fuente proteica alternativa para el trópico. [en línea]. [Cali, Colombia]. CIPAV-IMCA, oct. 1995 [citado 13 de may, 2003]. Disponible en internet: URL: <<http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/lrrd/lrrd6/3/9.htm>>.

⁵⁰ RÍOS, Clara. Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Cali: Conciencias – Cipav, 1997. p. 120.

⁵¹ MAHECHA, Liliana. Valor nutricional y utilización del botón de oro *Tithonia diversifolia* en la alimentación animal. Cali: CVC – Cipav, 2002. p. 3.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

La presente investigación estuvo enmarcada dentro de un proyecto desarrollado por la Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola (Fidar) en colaboración con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) denominado “Evaluación biofísica de especies arbóreas y arbustivas de rápido crecimiento para el manejo de suelos erosionados de zona de ladera del Valle del Cauca”.

Cuando se inició el proceso de evaluación, los arbustos forrajeros ya se encontraban establecidos en campo (aproximadamente 90 días después de la siembra); por lo tanto, ya estaba definido el arreglo espacial de los arbustos, así como las variables de evaluación. En este contexto; la siguiente metodología, se ajustó a las anteriores observaciones.

LOCALIZACIÓN

2.1.1 Municipio de Restrepo. esta localidad (Anexo A) se encuentra ubicada en el centro del Valle del Cauca (Colombia), sobre la cordillera occidental. Su posición geográfica es de 3°49`33`` latitud norte y 76°31`31`` longitud occidental. Su extensión es de 277.73 Km², a una altura de 1350 m.s.n.m., temperatura promedio de 19.7 °C, precipitación promedio de 1073 mm./año, brillo solar de 1792 horas/año y humedad relativa del 81%⁵².

La evaluación en esta localidad se desarrolló en la vereda el Diamante, ubicada a una distancia de 6 Km. al Oriente de la cabecera municipal, a una altura de 1450 m.s.n.m., con una precipitación promedio anual de 1210 mm⁵³. Su posición geográfica es de 3°49` 30`` latitud norte y 76°29`51`` longitud occidental. Su topografía es de ladera (pendientes mayores al 10%). Las tres fincas donde se establecieron los arbustos forrajeros fueron: el Jardín (3000 m²), el Topacio (1000 m²) y el Rincón (300 m²).

Los suelos de esta localidad presentan las siguientes características: textura franco arenosa (FA), pH 5.9, contenido de materia orgánica de 7.45 %, Fósforo 2.7 partes por millón (ppm), Azufre 11.5 ppm, Calcio 8.60 Cmol/Kg., Magnesio 2.45 Cmol/Kg., Potasio 0.68 % Cmol/Kg., Sodio 0.29 Cmol/Kg., Aluminio 0.0 Cmol/Kg., Boro 0.20 mg./Kg., Cobre 3.2 mg./Kg., Hierro 569 mg./Kg., Manganeso 6.2 mg./Kg., Zinc 2.6 mg./Kg. y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 12.42.

⁵² VALLE. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y PESCA. Información estadística de los municipios del Valle del Cauca. Cali: Sistema de Información, 2002.

⁵³ CARTÓN DE COLOMBIA. Datos de precipitación; estación pluviométrica Rancho Grande, periodo 1999 a 2000. En: MILLAN, John e ISAZA, Julián. Aplicación del modelo hidrológico SWAT para la evaluación del efecto de la cobertura del suelo sobre el comportamiento de la producción de caudales sólidos y líquidos en la subcuenca de la quebrada Aguamona, cuenca alta del río Dagua, Valle del Cauca, Colombia. Cali: Universidad del Valle – Universidad Nacional, 2002. p. 212 – 217.

2.1.2 Municipio de Yotoco. esta localidad (Anexo A) se encuentra en el centro del Valle del Cauca (Colombia), sobre la cordillera occidental. Su posición geográfica es de 3°51'43" latitud norte y 76°23'17" longitud occidental. Su extensión es de 321 Km², a una altura de 972 m.s.n.m., temperatura promedio de 23 °C y una precipitación promedio anual de 1200 mm⁵⁴.

La zona de estudio en esta localidad fue la vereda la Colonia, localizada al noroccidente de la cabecera municipal, a una distancia de 17 Km. Se encuentra a una altura comprendida entre los 1400 y 1600 m.s.n.m., con una precipitación promedio anual de 1502 mm⁵⁵. Su posición geográfica es de 3°57'33" latitud norte y 76°25'51" longitud occidental. Su topografía es de ladera, con pendientes superiores al 25 %. En esta localidad, las tres fincas donde se establecieron los arbustos forrajeros fueron: la Villa (3000 m²), San Roque (500 m²) y la Unión (300 m²).

Los suelos de esta zona presentan las siguientes características: textura franco arcillosa (FAr), pH 5.1, contenido de materia orgánica de 5.52 %, Fósforo 2.4 partes por millón (ppm), Azufre 22.5 ppm, Calcio 5.88 Cmol/Kg., Magnesio 2.06 Cmol/Kg., Potasio 0.46 % Cmol/Kg., Sodio 0.25 Cmol/Kg., Aluminio 0.20 Cmol/Kg., Boro 0.37 mg./Kg., Cobre 27.7 mg./Kg., Hierro 745 mg./Kg., Manganeso 57.8 mg./Kg., Zinc 3.2 mg./Kg. y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 9.25.

MATERIAL VEGETAL

Se evaluaron las especies leguminosas: caliandra (*Calliandra calothyrsus*), veraniega (*Cratylia argentea*), y leucaena (*Leucaena leucocephala*). La semilla se obtuvo en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y fue propagada en vivero por los productores de las zonas en estudio. En vivero, permanecieron aproximadamente dos meses; posteriormente se llevaron a campo con una altura promedio de 10 cm.

Además, se utilizó una especie no leguminosa, pero con un alto potencial forrajero para la alimentación animal conocida en la zona como botón de oro (*Tithonia diversifolia*). El propósito era vincular una alternativa forrajera local y por consiguiente tener una mayor diversidad para la alimentación de los animales (bovinos).

Tithonia diversifolia se propagó vegetativamente. Se utilizó este método porque la semilla sexual presenta baja viabilidad; además se puede realizar con facilidad y no requiere necesariamente de un periodo de vivero, porque las estacas se pueden sembrar directamente en campo. Para este

⁵⁴ VALLE. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y PESCA. Información estadística de los municipios del Valle del Cauca. Cali: Sistema de Información, 2002.

⁵⁵ CORPORACIÓN AUTÓNOMA DEL VALLE DEL CAUCA. Cifras de tierra y vida. Cali: CVC, 1998. p. 54.

caso se utilizaron estacas de 30 cm. de longitud, tomadas del tercio inferior y medio de plantas adultas existentes en cada localidad, con un diámetro no inferior a 2 cm. y tres yemas/estaca.

ESTABLECIMIENTO.

Teniendo en cuenta la topografía de la zona en estudio, los arbustos se sembraron en triángulo. Este proceso se llevó a cabo; mediante el establecimiento de los arbustos forrajeros al interior de potreros, en fincas de los productores, en las dos localidades.

Las áreas de pastoreo; donde se plantaron los arbustos forrajeros, oscilaron entre 300 y 3000 m² aproximadamente. Estas áreas; dependieron del espacio que destinó el productor, para la siembra de los arbustos bajo el arreglo silvopastoril de pastura en callejones.

Se estableció los arbustos forrajeros bajo este arreglo; teniendo en cuenta que los costos son menores comparados con un banco forrajero, ya que la densidad de plantas por unidad de área es menor; no requiere de mano de obra para el aprovechamiento del forraje, debido a que son los animales quienes ramonean directamente; y en zonas de ladera como en éste caso, pueden contribuir en la disminución de la erosión del suelo, cumpliendo la función de barreras vivas.

Para el establecimiento; se realizó una limpieza del terreno, posteriormente se llevó a cabo el trazado de la plantación (triángulo). La distancia de siembra para las especies leguminosas fue de 3 x 3 m., el tamaño del hueco de 30 x 30 x 40 cm.; la siembra se realizó al azar dentro del lote disponible en cada finca y se agregó gallinaza (1 Kg. por sitio).

Tithonia diversifolia se sembró en medio de las leguminosas a una distancia de 3 m. entre sitio y 3 m. entre surco. El tamaño del hueco fue de 25 x 25 x 30 cm. y en la siembra se aplicó gallinaza (1 Kg. por sitio). De esta manera se formó un callejón de 3 m. (Ver mapa de campo anexo B).

Para asegurar el establecimiento de los arbustos forrajeros; las áreas donde se sembraron, fueron aisladas con un cerco de alambre de púas, con el propósito de impedir el ramoneo prematuro del ganado.

MANEJO.

El plateo se hizo necesario durante el periodo de crecimiento de los arbustos, para impedir la competencia del pasto asociado u otro tipo de vegetación y de esta manera contribuir en el normal desarrollo del arbusto.

Se mantuvo un diámetro de plateo de 0.5 m., además; cuando existió competencia por espacio aéreo, ésta se restringió dejando libre un diámetro de 1 m. hasta que el arbusto alcanzó una altura considerable (mínimo 1 m. de altura).

No se realizó ninguna práctica de fertilización; porque se buscó la adaptación de las especies a las condiciones de las zonas en estudio. Además; se tuvo en cuenta que los productores de estas localidades, no realizan este tipo de labor en las praderas por su idiosincrasia y/o porque no cuentan con los recursos suficientes.

Es importante señalar; que luego del primer aprovechamiento, los arbustos forrajeros se podaron tomando como referencia 1 m. sobre la superficie del suelo. Esta práctica se realizó con el propósito de homogenizar el tamaño de los arbustos, evitar la pérdida prematura de la planta por el daño o maltrato causado por el animal durante el ramoneo y a la vez permitir el desarrollo de rebrotes que el animal pueda aprovechar con facilidad.

2.1 APROVECHAMIENTO.

El arreglo silvopastoril propuesto se manejó bajo pastoreo/ramoneo; es decir, que el ganado entró al lote para aprovechar el pasto asociado y el forraje de los arbustos. Se definió como periodo mínimo para el primer aprovechamiento seis (6) meses después de la siembra o cuando los arbustos alcanzaron y/o sobrepasaron una altura mínima de 1 metro; teniendo en cuenta las recomendaciones de Pezo e Ibrahim⁵⁶.

Posteriormente; los siguientes se realizaron con una frecuencia de 60 días (2 meses). Esta frecuencia; se estableció teniendo en cuenta la sinergia entre el árbol y el pasto. La pastura; generalmente, necesita de 30 a 60 días de descanso antes del siguiente pastoreo; si este periodo se incrementa, el pasto pierde palatabilidad por exceso de madurez (lignificación), ocasionándose un bajo consumo y pérdida de forraje.

RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

2.6.1 Definición del tamaño de parcela útil y muestreo de especies. para llevar un registro de la información durante el proceso de evaluación, se tomó como tamaño de parcela 300 m², teniendo en cuenta el área mínima de establecimiento. En fincas donde el área fue mayor, se delimitó al azar un área similar; sin embargo, fue necesario que dentro de ésta se encontraran los cuatro arbustos forrajeros.

Posteriormente, se definió como parcela útil 10 individuos/especie/repetición; los cuales se identificaron con un número que se registró en una ficha. La ficha se elaboró en cartulina (5 x 5 cm.); ésta se protegió con papel adhesivo y se colocó dentro de una bolsa plástica calibre 2 (6 x 12 cm.). La bolsa se selló y fue adherida a la planta seleccionada.

2.6.2 Recopilación de información. después de la siembra; con una frecuencia de 30 días, se registró los datos de desarrollo de los arbustos forrajeros y que correspondieron a:

➤ **Altura.** se tomó desde la base del tallo hasta la yema terminal y se registró en centímetros; este dato permitió conocer el crecimiento de las especies en cada localidad y posteriormente la edad de aprovechamiento para el ramoneo cuando la planta alcanzó una altura mínima o superior de 1 metro.

⁵⁶ PEZO e IBRAHIM, Op. cit., p. 113.

➤ **Diámetro Basal.** se expresó en centímetros y se tomó con un vernier o pié de rey, siempre a una altura de 2 cm. sobre la superficie del suelo y permitió conocer el incremento o grosor del tallo del arbusto.

Después que los arbustos alcanzaron la altura mínima estipulada, se registró la siguiente información:

➤ **Producción de Fitomasa.** este dato se registró antes del primer ramoneo y se realizó cuando la planta alcanzó y/o sobrepasó la altura de 1 metro; luego de este aprovechamiento, se registró la producción cada 2 meses aproximadamente (frecuencia de 60 días) antes de cada ramoneo.

En algunas réplicas; debido a la presencia de hormigas cortadoras de follaje, hubo necesidad de ajustar los rendimientos de fitomasa, para determinar el potencial productivo de aquellas especies susceptibles a esta plaga. Para ello; se generó una covariable, que consistió en el porcentaje de daño por planta, con el cual se ajustó el rendimiento promedio obtenido.

Para determinar la cantidad de fitomasa, se seleccionó al azar 5 individuos por especie y se cortó el material vegetal producido; posteriormente se clasificó en fitomasa comestible (hojas y tallos tiernos con diámetro menor de 0.5 cm. para especies leguminosas y hasta de 1 cm. para la especie no leguminosa) y fitomasa no comestible (tallos con diámetro mayor a 0.5 y 1 cm. para arbustos leguminosos y no leguminoso respectivamente). Finalmente, el rendimiento se expresó en kilogramos por hectárea (fitomasa total, fitomasa comestible y fitomasa no comestible) teniendo en cuenta la densidad de siembra estipulada (1111 plantas/ha).

➤ **Número promedio de rebrotes.** este dato se registró después del primer aprovechamiento de los arbustos forrajeros y se llevó a cabo antes de cada ramoneo. Para cuantificarlos; se consideró como tal, todo brote que presentó una longitud mayor a 10 cm.

➤ **Longitud promedio de rebrotes.** este valor también se registró después de cada aprovechamiento; cada quince (15) días durante un tiempo aproximado de sesenta (60) días, para determinar su desarrollo durante el periodo de descanso. Se expresó en centímetros y se tomó desde la base adherida al tallo de origen hasta la yema apical del brote.

TRATAMIENTOS, DISEÑO EXPERIMENTAL Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Cada una de las especies arbustivas representó un tratamiento. Los tratamientos evaluados fueron: **T1** = caliandra (*Calliandra calothyrsus*); **T2** = veraniega (*Cratylia argentea*); **T3** = leucaena (*Leucaena leucocephala*) y **T4** = botón de oro (*Titbonia diversifolia*).

El número de repeticiones correspondió a las fincas de los productores donde se estableció el arreglo silvopastoril (3 fincas en el municipio de Restrepo y 3 fincas en el municipio de Yotoco, en las veredas el Diamante y la Colonia respectivamente). El diseño estadístico

utilizado fue el Diseño Completamente al Azar (DCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones por localidad.

En el análisis estadístico; se compararon las siguientes variables teniendo en cuenta la heterogeneidad de los tratamientos (especies): producción de fitomasa (total, comestible y no comestible) registrada en el primer y el promedio de los tres aprovechamientos posteriores, número promedio de rebrotes y longitud promedio de rebrotes.

Para éstas variables, se realizó análisis individual por localidad debido a las diferencias edafoclimáticas de las zonas en estudio. Se efectuó un análisis de varianza (Andeva) del diseño estadístico utilizado y las diferencias significativas entre tratamientos, se compararon mediante prueba de Duncan a un nivel de probabilidad del 0.05.

El resto de la información recolectada como altura y diámetro basal se analizó de manera descriptiva y se presentó en tablas y figuras, donde se puede observar el desarrollo logrado por las especies arbustivas desde la siembra hasta el primer aprovechamiento. Los datos obtenidos; se relacionaron con la precipitación promedio mensual registrada en cada localidad durante el periodo de evaluación.

Se determinó por localidad, el incremento medio mensual de crecimiento (hasta el primer ramoneo) y diámetro basal (durante un año) y se obtuvo mediante la fórmula:

$$\textit{Incremento Medio Mensual} = \textit{Altura o Diámetro logrado (cm.)} / \textit{Tiempo (meses)}.$$

También se estimó el incremento creciente en altura y diámetro basal de cada especie, de acuerdo con la frecuencia con que se registró la información durante el periodo de evaluación (30 días) y se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$I(x) = Xf - Xi$$

Donde:

- **I (x)** = Incremento de altura o diámetro (cm.)
- **Xf** = Altura o diámetro final (cm.)
- **Xi** = Altura o diámetro inicial (cm.)

ESTIMACIÓN DE COSTOS.

Dentro del contexto económico; se determinaron los costos de establecimiento y mantenimiento de los arbustos forrajeros durante el primer año. Para ello, se utilizó la metodología de costos parciales o estimados, identificados según el objetivo como: directos (aquellos que se identifican plenamente con el producto) e indirectos (aquellos que son necesarios pero no identificados plenamente con el producto pero sí con la producción).

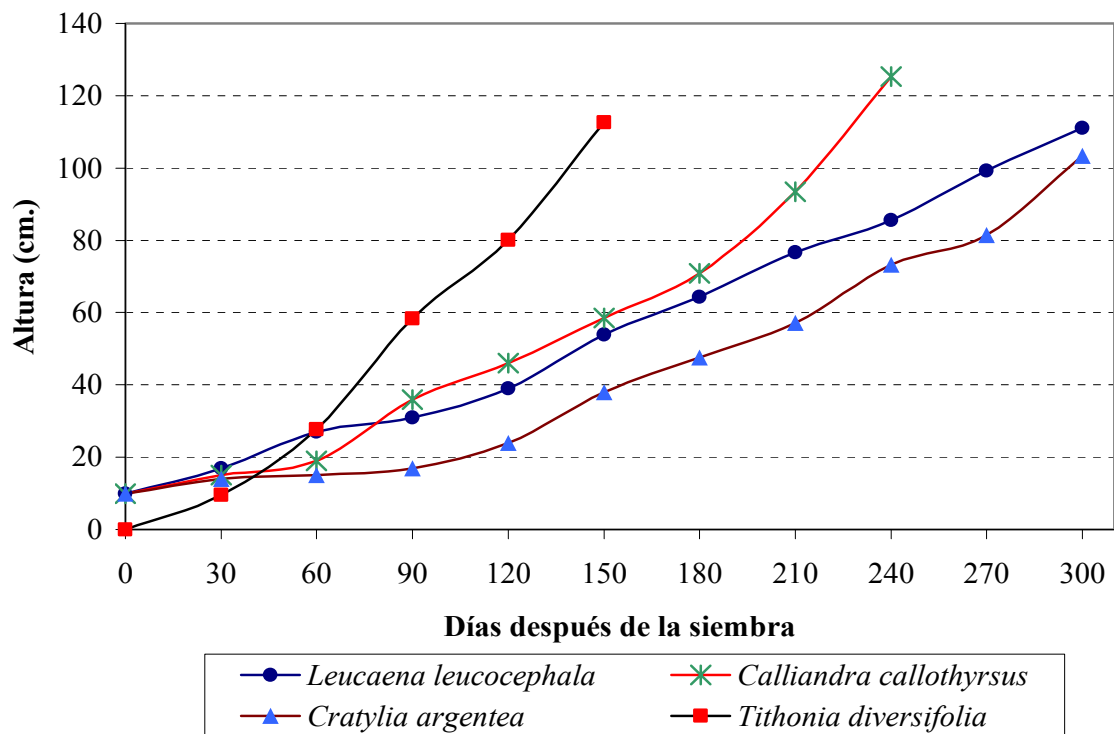
Se estipuló como costos de establecimiento: el aislamiento del potrero, el arrendamiento, el valor del material vegetal, el fertilizante, el transporte, el ahoyado, la siembra y la resiembra. Se estableció como costos de mantenimiento: el plateo, la limpieza y la poda de homogenización. Estos valores se determinaron por cada especie evaluada, teniendo en cuenta la densidad de siembra (1111 sitios /ha).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DESARROLLO DE LOS ARBUSTOS FORRAJEROS

3.1.1 Altura. el crecimiento se evaluó hasta que las plantas sobrepasaron una altura mínima de 1 metro. Esta fue definida teniendo en cuenta que en la mayoría de las leñosas perennes se recomienda efectuar la primera defoliación cuando las plantas han alcanzado de 1.0 a 1.5 metros de altura, tal como lo afirma Pezo e Ibrahim⁵⁷.

Figura 1. Crecimiento de los arbustos forrajeros en el municipio de Restrepo hasta alcanzar y/o superar 1 metro de altura.



Este es un aspecto que se debe tener en cuenta antes de efectuar el primer aprovechamiento; porque a esta altura, la planta posiblemente ya se ha adaptado a las condiciones de una determinada zona, tiene un buen anclaje al suelo y sobretodo presenta tejidos lignificados que le permitirán resistir el ramoneo del ganado⁵⁸.

⁵⁷ PEZO e IBRAHIM, Op. cit., p. 146.

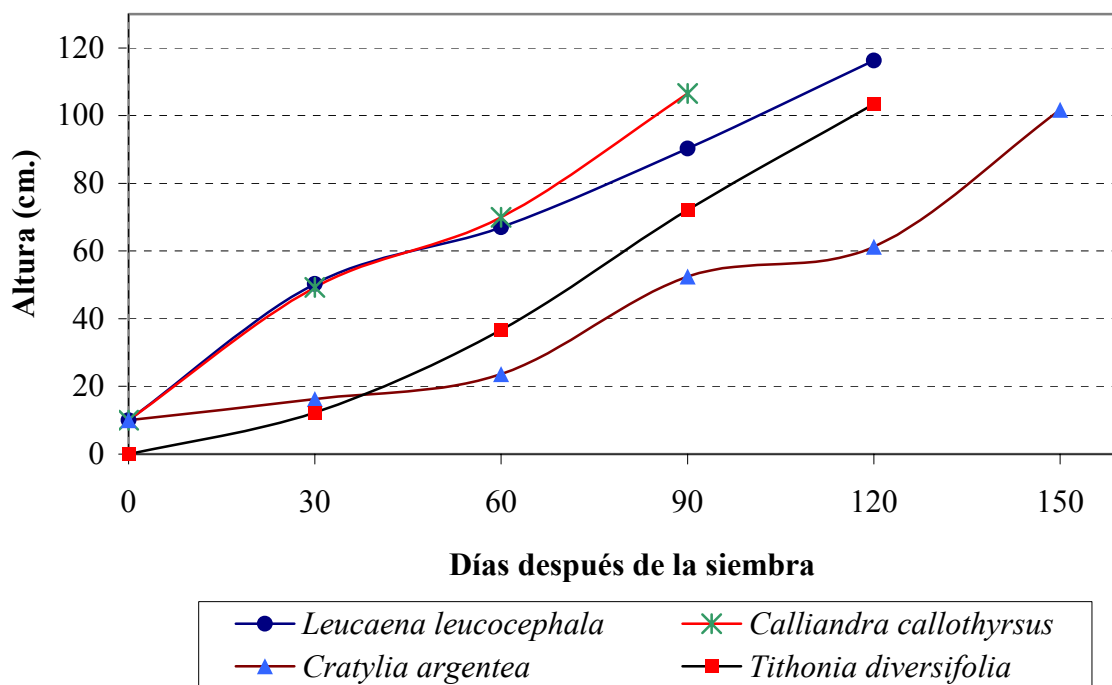
⁵⁸ COMUNICACIÓN PERSONAL con Jorge Fernando Navia I. A. M. Sc., docente Universidad de Nariño. Cali, 16 de Noviembre de 2003.

En la figura anterior se observa que en el municipio de Restrepo, los arbustos leguminosos *Cratylia argentea* y *Leucaena leucocephala* necesitaron 300 días después de la siembra (d.d.s.) para superar la altura mínima de aprovechamiento. *Calliandra calothyrsus* superó esta altura a los 240 d.d.s.; mientras *Tithonia diversifolia* únicamente requirió de 150 d.d.s.

La figura 2 presenta el crecimiento promedio de las especies forrajeras en el municipio de Yotoco; en ella, se observa que la altura mínima de aprovechamiento se alcanzó más rápido que en la zona de Restrepo. Se aprecia en la figura 2 que la especie *C. calothyrsus* logró una altura superior a 1 metro 90 días después de la siembra (d.d.s.); *L. leucocephala* y *T. diversifolia* la alcanzaron a los 120 d.d.s. y *C. argentea* a los 150 d.d.s.

Sin embargo, el primer aprovechamiento se determinó efectuarlo teniendo en cuenta además de la altura; la lignificación o madurez de los tallos. Esto lo recomienda Pezo e Ibrahim⁵⁹, al aseverar que aunque la planta tenga buena cantidad de fitomasa (por ejemplo a los 4 meses); se debe demorar el primer ramoneo, para promover un mayor engrosamiento de los tallos y mayor anclaje de la planta.

Figura 2. Crecimiento de los arbustos forrajeros en el municipio de Yotoco hasta alcanzar y/o superar 1 metro de altura.



Los resultados obtenidos con la especie *T. diversifolia* en las dos localidades coinciden con la afirmación de Pezo e Ibrahim⁶⁰, al señalar que cuando los arbustos forrajeros se pueden

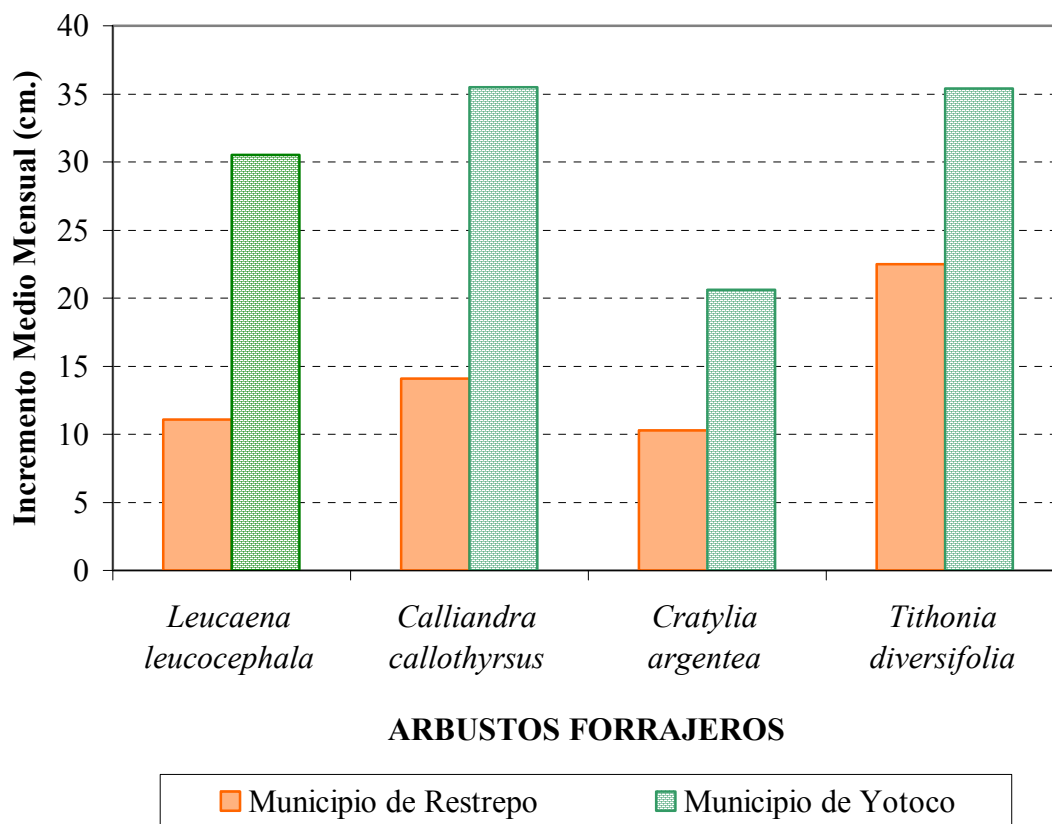
⁵⁹ PEZO e IBRAHIM, Op. cit., p.146.

⁶⁰ Ibid., p. 146.

propagar vegetativamente, a los 4 meses de edad es posible que la planta ya pueda ser ramoneada.

El incremento medio mensual logrado por los arbustos forrajeros en las dos zonas de evaluación fue diferente; determinándose un mayor incremento medio en la localidad de Yotoco (figura 3). Esto ocurrió posiblemente por efecto de la precipitación y la temperatura teniendo en cuenta las características de éstos dos municipios; además, el crecimiento de las especies *C. calothyrsus* y *L. leucocephala* se restringió en algunas ocasiones por el ataque de hormigas cortadoras de follaje.

Figura 3. Incremento medio mensual logrado por los arbustos forrajeros en los Municipios de Restrepo (300 días después de la siembra) y Yotoco (180 días después de la siembra).



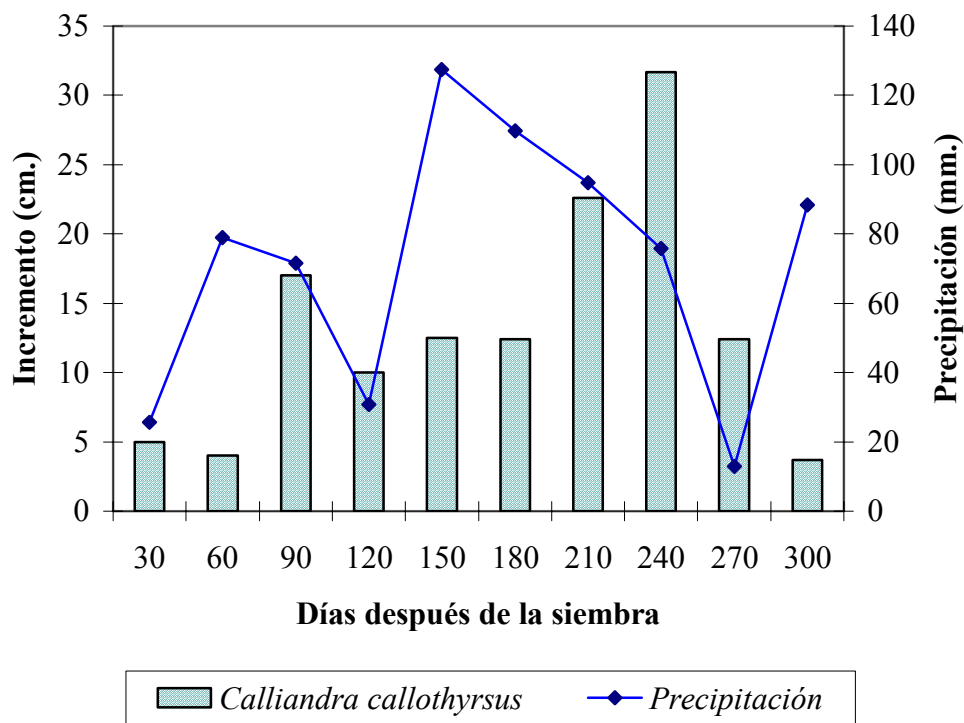
La fertilidad del suelo; posiblemente no afectó el desarrollo de los arbustos forrajeros, debido a que las dos localidades (Restrepo y Yotoco) presentan condiciones de fertilidad muy similares, según los resultados de análisis de suelo ⁶¹.

⁶¹ COMUNICACIÓN PERSONAL con Jesús Antonio Castillo I. A. M. Sc., docente Universidad de Nariño. Cali, 5 de Diciembre de 2003.

3.1.1.1 Crecimiento de la especie forrajera *Calliandra calothyrsus*. los datos obtenidos en el municipio de Restrepo; se resumen en la tabla 1. En esta zona se encontró que entre los incrementos corrientes y la precipitación presentada durante el periodo de evaluación existe una correlación muy baja ($r = 0.2$); lo que significa que entre estas dos variables para el caso específico de Restrepo, se presentó un grado de asociación bajo.

Esto se debe probablemente, a que el normal crecimiento de la especie en algunas oportunidades se interrumpió por la defoliación causada por hormigas. El daño causado por estos insectos se evidenció en la pérdida del follaje y a veces en el corte de las yemas apicales de la planta.

Figura 4. Incremento corriente de altura de *Calliandra calothyrsus* con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Restrepo.



La erradicación de estos insectos se dificultó, porque la magnitud del problema en esta localidad es muy alta; por lo tanto, el control a nivel de área de cultivo o finca casi nunca fue efectivo. El éxito en el control de esta plaga, se logrará cuando exista un compromiso y un manejo coordinado de toda la comunidad.

Por el contrario; en el municipio de Yotoco, la especie *C. calothyrsus* logró un desarrollo más eficiente. Los resultados obtenidos en esta localidad (tabla 2) fueron superiores a los registrados en el municipio de Restrepo.

Tabla 1. Precipitación, altura, incremento corriente, incremento medio diario e incremento medio mensual presentados por los arbustos forrajeros durante el periodo de establecimiento en el municipio de Restrepo.

Días después de la siembra	PRECIPITACIÓN (mm.)	<i>C. Calothyrsus</i>		<i>C. argentea</i>		<i>L. leucocephala</i>		<i>T. diversifolia</i>	
		Altura (cm.)	Incremento corriente (cm.)	Altura (cm.)	Incremento corriente (cm.)	Altura (cm.)	Incremento corriente (cm.)	Altura (cm.)	Incremento corriente (cm.)
30	25,6	15	5	14	4	17	7	9,5	9,5
60	79	19	4	15	1	27	10	27,7	18,2
90	71,5	36	17	17	2	31	4	58,3	30,6
120	30,8	46	10	24	7	39	8	80,1	21,8
150	127,4	58,5	12,5	38	14	53,9	14,9	112,7	32,6
180	109,7	70,9	12,4	47,5	9,5	64,4	10,5		
210	94,8	93,5	22,6	57,1	9,6	76,7	12,3		
240	75,8	125,2	31,7	73,3	16,2	85,5	8,8		
270	13	137,6	12,4	81,4	8,1	99,2	13,7		
300	88,4	141,3	3,7	103,3	21,9	111,1	11,9		
Incremento medio diario (cm.)			0,5		0,3		0,4		0,7
Incremento medio mensual (cm.)			14,1		10,3		11,1		22,5
Coefficiente de correlación* (r)			0,2		0,4		0,3		0,7
Coefficiente de determinación* (r ²)			3,4		15,3		11,5		55,2

* Entre las variables precipitación e incremento corriente

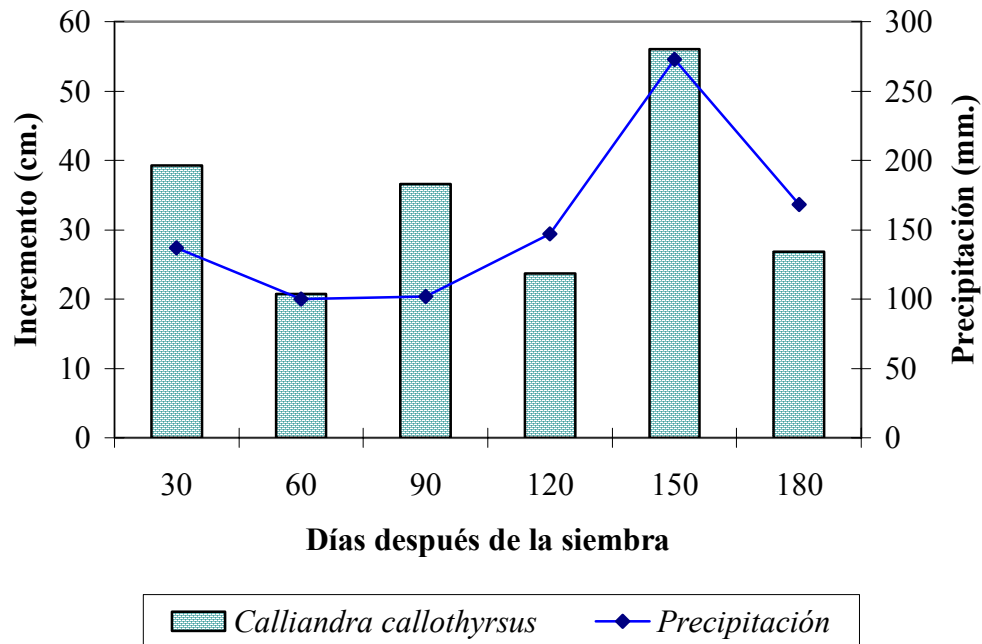
Tabla 2. Precipitación, altura, incremento corriente, incremento medio diario e incremento medio mensual presentados por los arbustos forrajeros durante el periodo de establecimiento en el municipio de Yotoco.

Días después de la siembra	PRECIPITACIÓN (mm.)	<i>C. Calothyrsus</i>		<i>C. argentea</i>		<i>L. leucocephala</i>		<i>T. diversifolia</i>	
		Altura (cm.)	Incremento corriente (cm.)	Altura (cm.)	Incremento corriente (cm.)	Altura (cm.)	Incremento corriente (cm.)	Altura (cm.)	Incremento corriente (cm.)
30	137	49,3	39,3	16,3	6,3	50,3	40,3	12,3	12,3
60	100	70	20,7	23,6	7,3	67	16,7	36,7	24,4
90	102	106,6	36,6	52,5	28,9	90,3	23,3	72,1	35,4
120	147	130,3	23,7	61,3	8,8	116,3	26	103,4	31,3
150	273	183,3	56	101,7	40,4	169,7	53,4	177	73,6
180	168	213,1	26,8	124	22,3	183,2	13,5		
Incremento medio diario (cm.)		1,2		0,7		1,0		1,2	
Incremento medio mensual (cm.)		35,5		20,6		30,5		35,4	
Coefficiente de correlación* (r)		0,7		0,7		0,7		0,8	
Coefficiente de determinación* (r ²)		54,8		45,6		51,5		72,2	

* Entre las variables precipitación e incremento corriente

Se encontró que entre el incremento corriente y la precipitación reportada durante este mismo periodo, existe una correlación alta ($r = 0.7$) y que el crecimiento depende el 54.8 % de la lluvia. Esto se puede apreciar en la figura 5, donde se muestra que el mejor incremento se logró cuando se presentó la mayor cantidad de lluvias; sin embargo, cuando la precipitación promedio disminuyó, el incremento de altura de la planta fue directamente proporcional.

Figura 5. Incremento corriente de altura de *Calliandra calothyrsus* con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Yotoco.



C. calothyrsus se adaptó y se desarrolló mejor en la zona de Yotoco; posiblemente porque las condiciones climáticas (temperatura y precipitación) fueron más favorables y además porque la plaga (hormigas) que restringió el desarrollo de esta especie en la localidad de Restrepo, no fue una limitante.

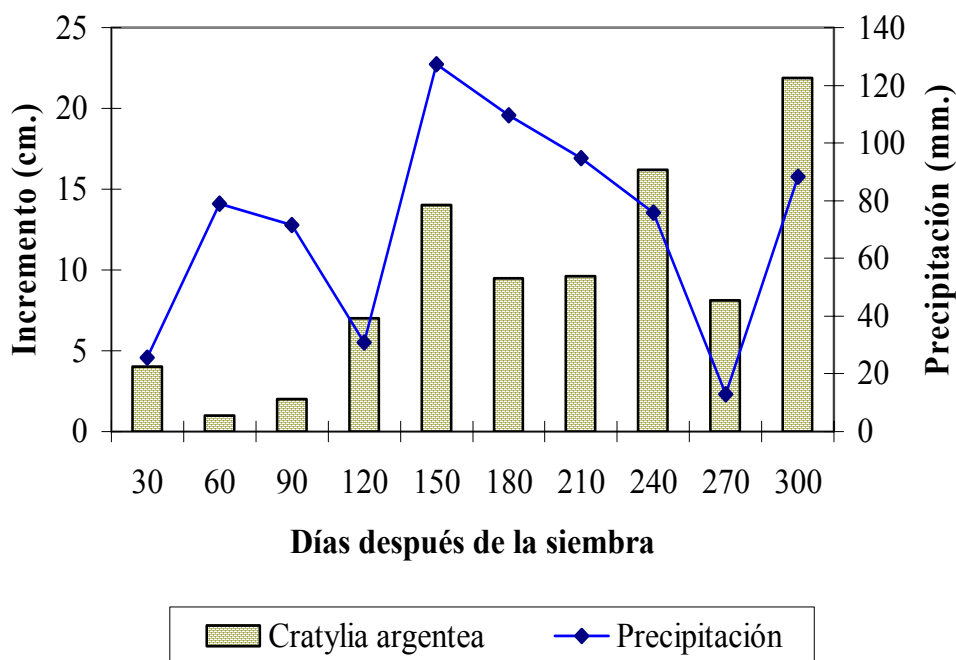
3.1.1.2 Crecimiento de la especie forrajera *Cratylia argentea*. en las dos localidades; *C. argentea* presentó un lento desarrollo durante los primeros 90 días, lo cual fue congruente con las afirmaciones de Argel y Lascano⁶², quienes señalan que ésta especie después del establecimiento, presenta un crecimiento lento los dos o tres primeros meses; a pesar que el vigor de la plántula es mayor que el de otras especies arbustivas como *L. leucocephala*.

A diferencia de la anterior especie forrajera; *C. argentea* no presentó problemas de defoliación que restringieran su crecimiento. Aunque los arbustos de *C. argentea* se establecieron en el mismo lote donde se encontraba *C. calothyrsus*; el daño cuando esporádicamente ocurrió, se limitó a cortes en el borde de la lámina foliar.

⁶² ARGEL y LASCANO, Op. cit.

Es importante indicar que en la localidad de Yotoco, *C. argentea* logró un incremento medio diario (0.7 cm.) y mensual (20.6 cm.) superior al reportado en el municipio de Restrepo (0.3 y 10.3 cm. respectivamente). Esto posiblemente se debe a que en el municipio de Yotoco se presentó un mejor régimen de lluvias en comparación al registrado en Restrepo (tablas 1 y 2).

Incremento corriente de altura de *Cratylia argentea* con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Restrepo.



Con base en lo anterior; en Yotoco, al realizar correlación entre los incrementos crecientes y la precipitación reportada durante el periodo de crecimiento, se determinó que existe una alta correlación ($r = 0.7$) y que el crecimiento depende en un 45.6 % de la cantidad de lluvia (tabla 2). Estos valores fueron superiores a los obtenidos en la localidad de Restrepo (tabla 1) donde se determinó una baja correlación ($r = 0.4$) y baja dependencia entre estas mismas variables ($r^2 = 15.3$).

La altura registrada en este periodo (tablas 1 y 2) no coincidió con la reportada por Ferreira y Mezquita⁶³; quienes encontraron que *C. argentea* alcanza en promedio una altura de 45 cm. No obstante, esto se logró a una altura comprendida entre 410 y 704 m.s.n.m.

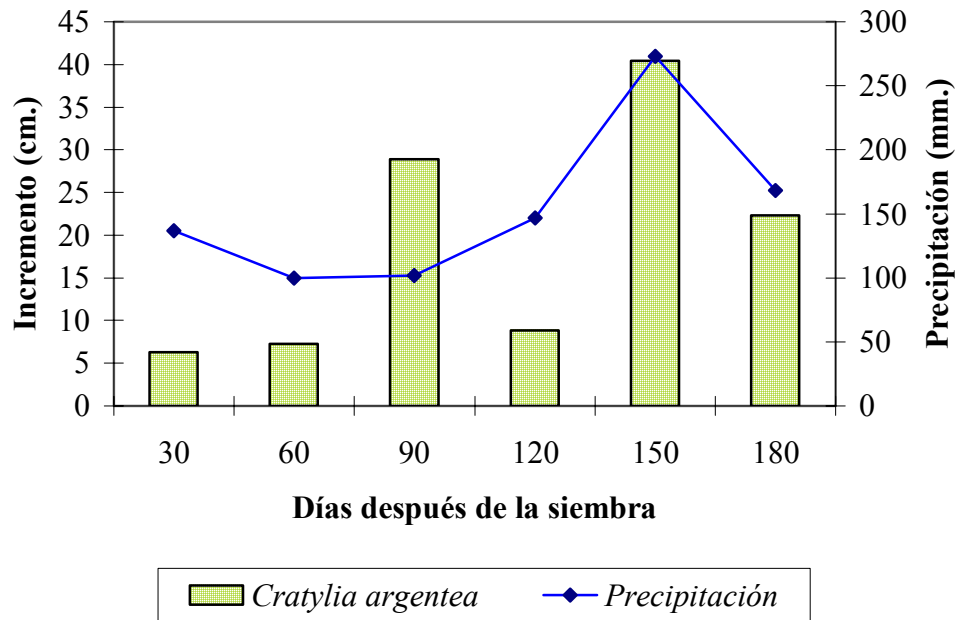
Con respecto a lo anterior; se podría aseverar que la altitud influye en el desarrollo de esta especie, confirmando lo señalado por Lascano et al⁶⁴, quienes afirman que su desarrollo se

⁶³ FERREIRA y MEZQUITA, Op. cit., p. 32.

⁶⁴ LASCANO et al, Op. cit., p. 6.

limita a alturas superiores a 1200 m.s.n.m.; fundamentado adicionalmente, con los reportes de Maass⁶⁵ (1995, 69), quien determinó alturas de 115 y 64 cm. a 1350 y 1600 m.s.n.m.

Figura 6. Incremento corriente de altura de *Cratylia argentea* con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Yotoco.



No obstante; es importante tener en cuenta que en el desarrollo de una planta influyen otras variables, las cuales pueden ser de tipo climático (precipitación, humedad relativa, temperatura, brillo solar, etc.), edáfico (propiedades físicas, químicas e incluso biológicas) y de manejo (prácticas culturales, control de plagas y arvenses).

3.1.1.3 Crecimiento de la especie forrajera *Leucaena leucocephala*. los registros de altura e incremento logrados por la especie en el municipio de Restrepo se presentan en la tabla 2. En esta localidad se encontró que entre los incrementos corrientes de altura y la precipitación existió una correlación baja ($r = 0.3$) y que el crecimiento dependió únicamente el 11.5 % de la lluvia.

Esto ocurrió posiblemente, porque en la zona del municipio de Restrepo *L. leucocephala* presentó problemas de defoliación causados por hormigas, pues casi siempre además de la pérdida del follaje, se afectaban las yemas apicales o puntos de crecimiento.

Si se compara el desarrollo logrado por *L. leucocephala* en el municipio de Restrepo (tabla 1) con la registrada en el municipio de Yotoco (tabla 2); en este último, tanto la altura registrada al final del periodo de evaluación (183.2 cm.), como el incremento medio diario (1.0 cm.) y medio

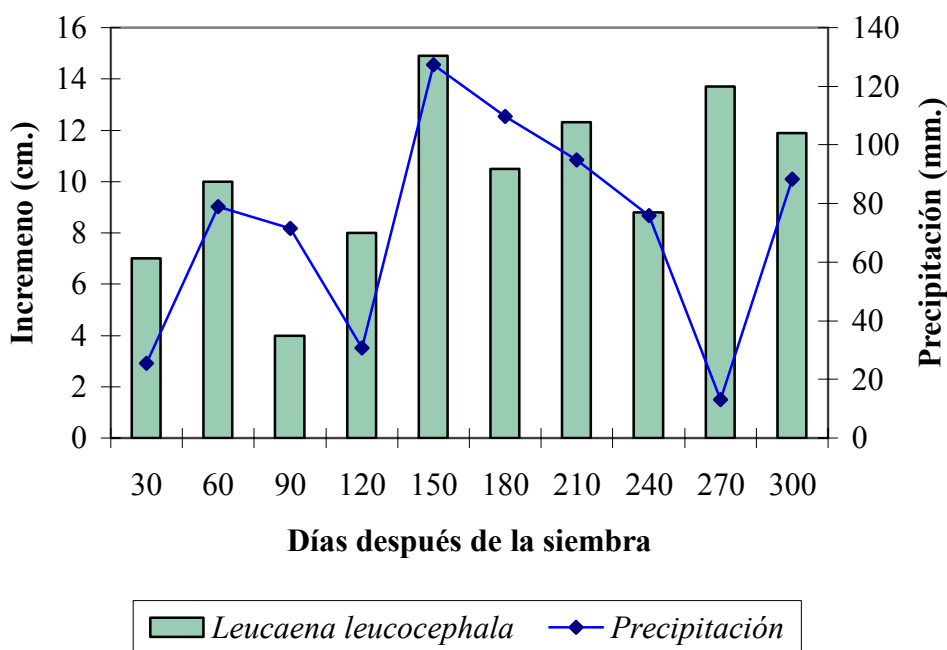
⁶⁵ MAASS, Op. cit., p. 69.

mensual (30.5 cm.) fueron superiores y se obtuvo en un periodo de tiempo menor (180 días después de la siembra).

Además, en esta localidad, el valor de la correlación entre la precipitación y el incremento corriente de altura ($r = 0.7$) indica una alta asociación entre las variables correlacionadas. La alta correlación resultó posiblemente porque en esta localidad el régimen de lluvias fue mayor y no se presentó ningún problema fitosanitario que restringiera el normal desarrollo de la especie, en comparación con el reportado en el municipio de Restrepo.

En el municipio de Yotoco, la especie *L. leucocephala* alcanzó 180 días después de la siembra una altura promedio de 183.2 cm. La altura promedio lograda en esta localidad, confirma el reporte de Ruíz et al⁶⁶, quienes encontraron que la especie puede alcanzar 174.6 cm. en un periodo análogo, bajo un manejo de control de arvenses.

Figura 7. Incremento corriente de altura de *Leucaena leucocephala* con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Restrepo.



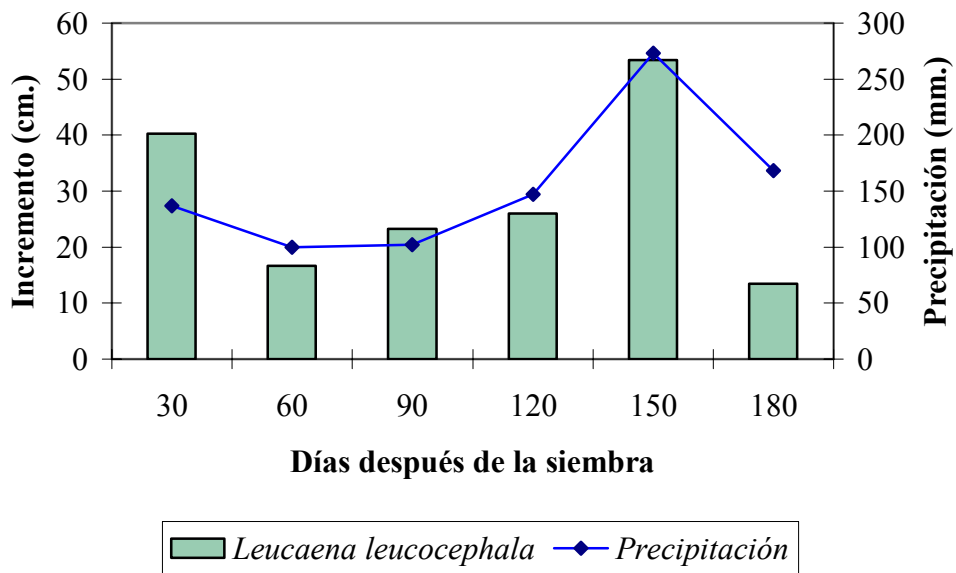
El incremento medio diario que alcanzó *L. leucocephala* en la localidad de Yotoco (1.0 cm.) sin ninguna aplicación de fertilizante químico, también confirma los resultados reportados por Gonzáles y Mármol⁶⁷. Estos autores reportan que al aplicar nitrógeno (30 Kg./ha), éste se duplica (1.56 cm./día), con respecto a un testigo sin fertilización (0.75 cm./día).

⁶⁶ RUÍZ, Op. cit.

⁶⁷ GONZÁLES y MÁRMOL. Efecto de la fertilización sobre la tasa de crecimiento y producción de semilla en *Leucaena leucocephala*. [en línea]. [Maracaibo, Venezuela]. CORPOZULIA-Universidad de Zulia, jun. 2001 [citado 13 may, 2003]. Disponible en internet: URL: <<http://www.zulia.infoagro.info.ve/INFORMACION%20/AGROPECUARI.pdf>>.

Tomando como referencia estos resultados, se puede afirmar que el desarrollo de *L. leucocephala* en la localidad de Yotoco, fue superior al registrado por el testigo; pero fue inferior al tratamiento donde se añadió nitrógeno. La diferencia se debió exclusivamente a la dosis de fertilizante aplicada en el ensayo realizado por González y Mármol⁶⁸; mientras que en la presente evaluación, únicamente se aplicó gallinaza al momento de la siembra a razón de 1 Kg. por planta.

Figura 8. Incremento corriente de altura de *Leucaena leucocephala* con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Yotoco.



Finalmente; se puede afirmar que el crecimiento de *L. leucocephala*; pudo restringirse posiblemente por la temperatura y la altitud de las zonas donde se realizó la presente evaluación. Esto coincidiría con las afirmaciones de Shelton y Brewbaker⁶⁹ y Tokura et al⁷⁰, quienes señalan que estas pueden ser limitantes, si se tiene en cuenta que la temperatura óptima para su desarrollo oscila entre los 25 y 35 grados centígrados y que en zonas elevadas del trópico su crecimiento se reduce significativamente, ya que su rango normal de adaptación está entre los 0 y los 1500 m.s.n.m.

3.1.1.4 Crecimiento de la especie forrajera *Tithonia diversifolia*. a diferencia de las anteriores especies leguminosas, *T. diversifolia* fue propagada a partir de material vegetativo y establecida directamente en campo.

⁶⁸ Ibid.

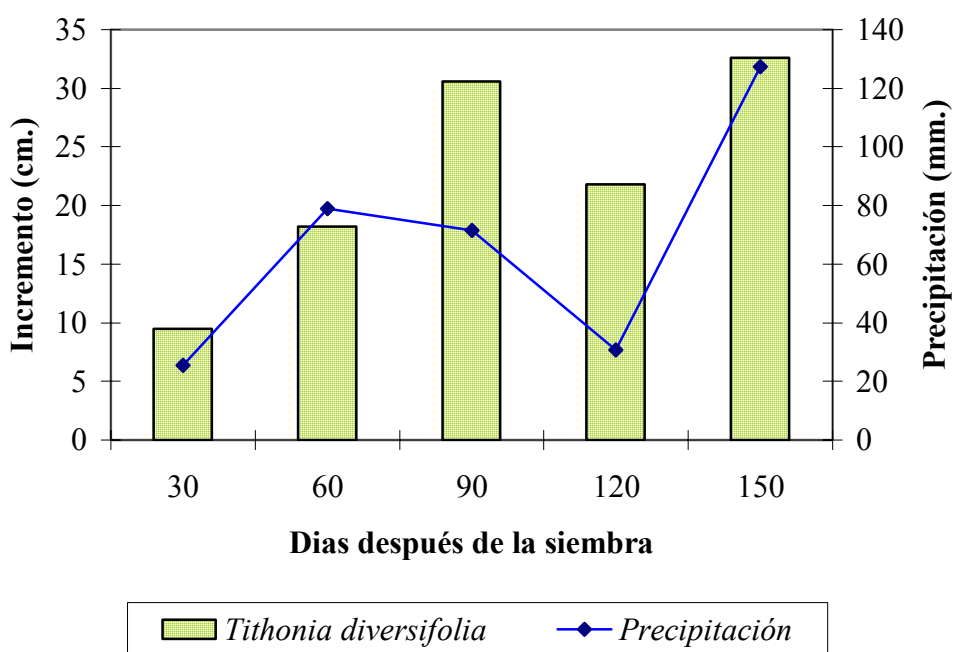
⁶⁹ SHELTON y BREWBAKER, Op. cit., p. 16.

⁷⁰ TOKURA et al, Op. cit., p. 187.

Se utilizó este método porque Ríos⁷¹, señala que la semilla sexual presenta baja viabilidad (menor al 30%); por lo tanto, el método más recomendable para establecer esta especie, es la propagación por estacas.

En el municipio de Restrepo se determinó una correlación alta ($r = 0.7$) entre los incrementos corrientes y la precipitación ocurrida durante el periodo de evaluación. Igualmente; se estableció que el crecimiento de la especie *T. diversifolia* depende de un 55.2 % de la precipitación. Lo anterior se puede apreciar en la figura 9, donde se observa que en general los incrementos fueron directamente proporcionales con la cantidad de lluvia.

Figura 9. Incremento corriente de altura de *Titbonia diversifolia* con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Restrepo.



Por su parte, el desarrollo que presentó esta especie en el municipio de Yotoco, tuvo la misma tendencia que en la anterior zona; aunque el crecimiento de las plantas fue más rápido y eficiente, alcanzando una altura superior a 1.5 m. (tabla 2).

La mayor eficiencia en el desarrollo de *T. diversifolia*, posiblemente ocurrió porque la cantidad de lluvias durante el periodo de crecimiento en la localidad de Yotoco (759 mm.) fue más favorable que en Restrepo (334.3 mm.).

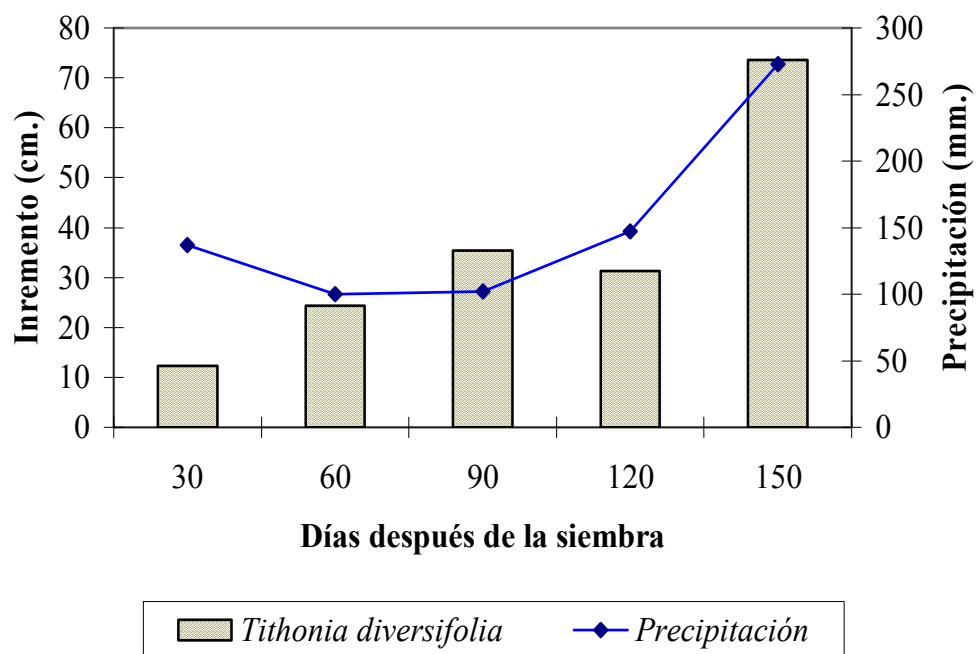
Con base a esta información; en el municipio de Yotoco, se determinó una correlación muy alta ($r = 0.8$) entre los incrementos corrientes de altura y la precipitación; además se estableció que el crecimiento de esta especie depende el 72.2 % de la lluvia.

⁷¹ RÍOS, Op. cit., p. 10.

En el municipio de Yotoco, las plantas de *T. diversifolia* alcanzaron la altura mínima de aprovechamiento a los 4 meses de edad (120 días después de la siembra), cuyo resultado coincidió con las afirmaciones de Pezo e Ibrahim⁷², quienes señalan que una especie perenne puede alcanzar una altura de 1 a 1.5 m. en este intervalo de tiempo.

Sin embargo; se permitió que la planta se desarrollara un poco más, con el propósito de que acumulara mayor cantidad de fitomasa, incrementara la lignificación de los tallos y aumentara su sistema radicular para mayor anclaje. El resultado fue positivo; porque se logró 76.3 cm. de incremento corriente (figura 11), el mayor de los registrados durante la evaluación (Tabla 2).

Figura 10. Incremento corriente de altura de *Titbonia diversifolia* con relación a la precipitación durante el establecimiento, en el municipio de Yotoco.



Los resultados de crecimiento; obtenidos en las dos localidades anteriores, no coincidieron con los reportados por Ríos⁷³ (1999) en un estudio realizado en Buga (Valle). La anterior autora encontró que las plantas de *T. diversifolia* 21 días después de la siembra alcanzan una altura entre 5.9 y 6.8 cm.; a los 35 días de 19 a 25 cm.; a los 49 días de 44 a 48.5 cm. y a los 110 días entre 176 y 190 cm.; lo que representa un incremento medio diario entre 1.9 y 2.1 cm.

Las diferencias se deben posiblemente a la altitud, al periodo de establecimiento, a las características de los suelos y a las condiciones de manejo; ya que las parcelas donde se realizó la presente evaluación, son áreas de pastoreo extensivo e intensivo; que generalmente

⁷² PEZO e IBRAHIM, Op. cit., p. 146.

⁷³ RÍOS, Op. cit.

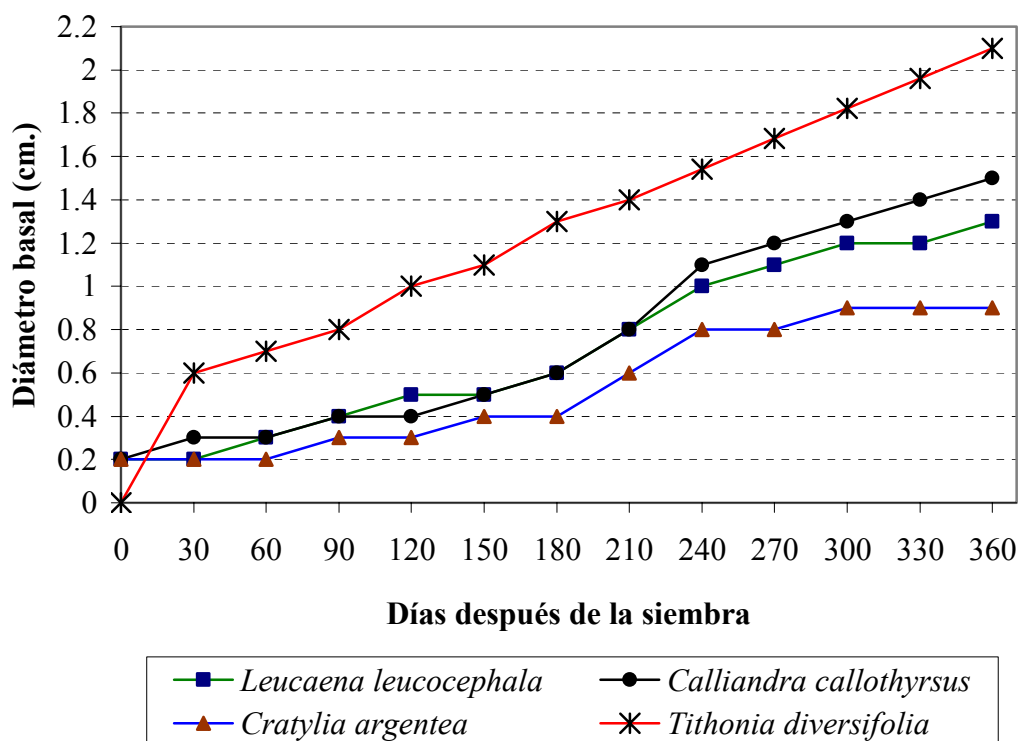
presentan suelos compactados que no permiten con facilidad que el sistema radicular se desarrolle rápidamente.

Además; las estacas fueron sembradas directamente en potreros de las fincas de los productores y bajo las condiciones propias de la zona de ladera de las localidades en estudio, donde no fue posible aplicar riego cuando se presentó déficit de lluvias.

3.1.2 Diámetro basal

3.1.2.1 Diámetro basal de la especie *Calliandra calothyrsus*. en el municipio de Restrepo con un diámetro inicial de 0.2 cm.; *C. calothyrsus* durante un periodo de un año aproximadamente, alcanzó un diámetro final de 1.5 cm. (figura 12). Este valor fue inferior al obtenido en el municipio de Yotoco, donde a partir de un diámetro inicial similar, al cabo del mismo periodo logró en promedio 2.1 cm. (figura 13).

Figura 11. Diámetro basal logrado por los arbustos forrajeros durante 1 año en el municipio de Restrepo.



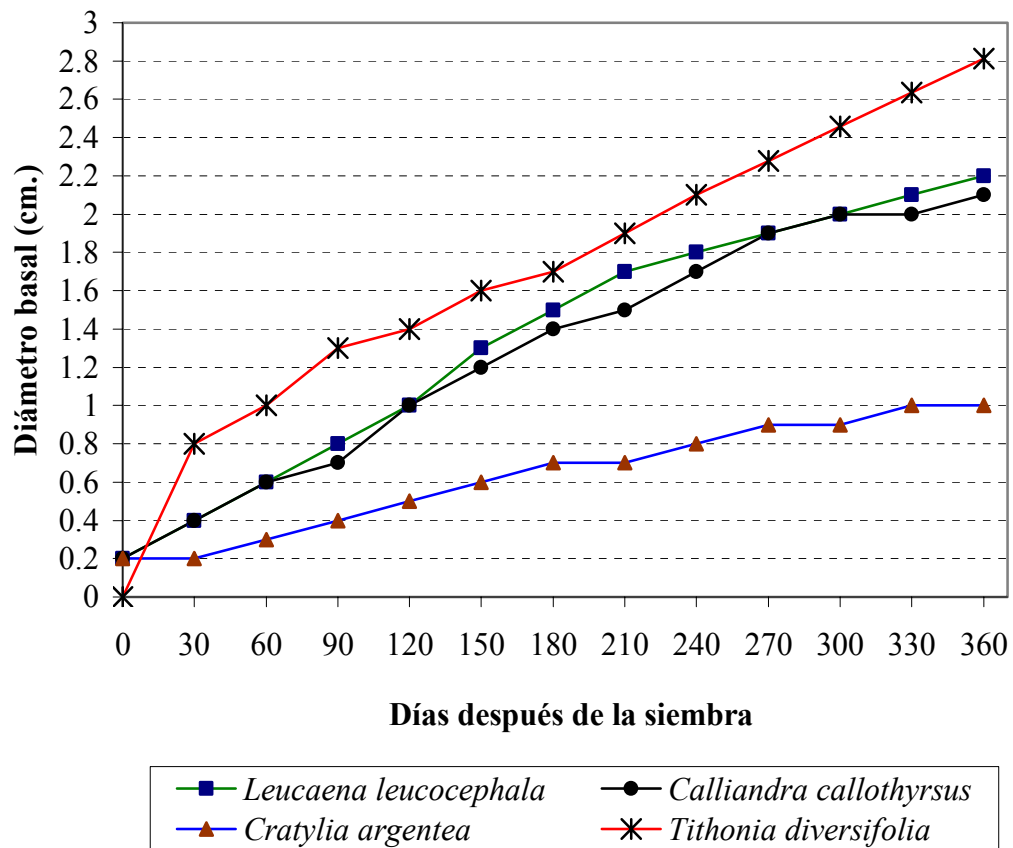
Esto posiblemente ocurrió debido a que las plantas de la localidad de Restrepo, en muchas ocasiones tuvieron que utilizar energía y nutrientes en la recuperación del follaje que perdieron cuando se presentó el problema de defoliación causado por hormigas⁷⁴.

⁷⁴ COMUNICACIÓN PERSONAL con Michael Peters Ph. D., director en investigación de gramíneas y leguminosas tropicales (CIAT). Palmira, 17 de Diciembre de 2003.

Los datos obtenidos permitieron establecer que el incremento medio mensual de *C. calothyrsus* en la localidad de Restrepo (0.1 cm.) fue menor que el registrado en la zona de Yotoco (0.2 cm.); esta diferencia, posiblemente ocurrió por las defoliaciones causadas por hormigas y porque la cantidad de lluvia en el municipio de Restrepo (892.8 mm.) fue menor con respecto a la registrada en Yotoco (1788 mm.) durante el periodo de evaluación (tablas 3 y 4).

Sin embargo; al correlacionar precipitación e incremento corriente de diámetro basal, el coeficiente de correlación (r) fue negativo. Este valor significa que el incremento corriente de diámetro no está correlacionado con la lluvia, sino posiblemente con la humedad del suelo⁷⁵.

Figura 12. Diámetro basal logrado por los arbustos forrajeros durante 1 año en el municipio de Yotoco.



3.1.2.2 Diámetro basal de la especie *Cratylia argentea*. *C. argentea*; fue el arbusto forrajero que en los municipios de Restrepo y Yotoco alcanzó el menor desarrollo de diámetro basal (0.9 y 1 cm. respectivamente) comparado con los resultados obtenidos por las otras dos especies leguminosas y la no leguminosa (figuras 12 y 13).

⁷⁵ COMUNICACIÓN PERSONAL con Luz Amalia Forero I. F. M. Sc., docente Universidad de Nariño. Pasto, 20 de Febrero de 2004.

Tabla 3. Precipitación, diámetro basal, incremento corriente e incremento medio mensual presentados por los arbustos forrajeros durante el periodo de establecimiento en el municipio de Restrepo.

Días después de la siembra	PRECIPITACIÓN (mm.)	<i>C. Calothyrsus</i>		<i>C. argentea</i>		<i>L. leucocephala</i>		<i>T. diversifolia</i>	
		Diámetro (cm.)	Incremento corriente (cm.)	Diámetro (cm.)	Incremento corriente (cm.)	Diámetro (cm.)	Incremento corriente (cm.)	Diámetro (cm.)	Incremento corriente (cm.)
30	25,6	0,3	0,1	0,2	0	0,2	0	0,6	0,6
60	79	0,3	0	0,2	0	0,3	0,1	0,7	0,1
90	71,5	0,4	0,1	0,3	0,1	0,4	0,1	0,8	0,1
120	30,8	0,4	0	0,3	0	0,5	0,1	1	0,2
150	127,4	0,5	0,1	0,4	0,1	0,5	0	1,1	0,1
180	109,7	0,6	0,1	0,4	0	0,6	0,1	1,3	0,2
210	94,8	0,8	0,2	0,6	0,2	0,8	0,2	1,4	0,1
240	75,8	1,1	0,3	0,8	0,2	1	0,2	1,5	0,1
270	13	1,2	0,1	0,8	0	1,1	0,1	1,7	0,2
300	88,4	1,3	0,1	0,9	0,1	1,2	0,1	1,8	0,1
330	43,6	1,4	0,1	0,9	0	1,2	0	2,0	0,2
360	133,2	1,5	0,1	0,9	0	1,3	0,1	2,1	0,1
Incremento medio mensual (cm.)			0,1		0,1		0,1		0,2
Coefficiente de correlación* (r)			0,2		0,3		0,2		- 0,6
Coefficiente de determinación* (r ²)			3,3		9,8		2,8		31,1

* Entre las variables precipitación e incremento corriente

Tabla 4. Precipitación, diámetro basal, incremento corriente e incremento medio mensual presentados por los arbustos forrajeros durante el periodo de establecimiento en el municipio de Yotoco.

Días después de la siembra	PRECIPITACIÓN (mm.)	<i>C. calothyrsus</i>		<i>C. argentea</i>		<i>L. leucocephala</i>		<i>T. diversifolia</i>	
		Diámetro (cm.)	Incremento corriente (cm.)	Diámetro (cm.)	Incremento corriente (cm.)	Diámetro (cm.)	Incremento corriente (cm.)	Diámetro (cm.)	Incremento corriente (cm.)
30	137	0,4	0,2	0,2	0	0,4	0,2	0,8	0,8
60	100	0,6	0,2	0,3	0,1	0,6	0,2	1	0,2
90	102	0,7	0,1	0,4	0,1	0,8	0,2	1,3	0,3
120	147	1	0,3	0,5	0,1	1	0,2	1,4	0,1
150	273	1,2	0,2	0,6	0,1	1,3	0,3	1,6	0,2
180	168	1,4	0,2	0,7	0,1	1,5	0,2	1,7	0,1
210	171	1,5	0,1	0,7	0	1,7	0,2	1,9	0,2
240	79	1,7	0,2	0,8	0,1	1,8	0,1	2,1	0,2
270	58	1,9	0,2	0,9	0,1	1,9	0,1	2,3	0,2
300	187	2	0,1	0,9	0	2	0,1	2,5	0,2
330	136	2	0	1	0,1	2,1	0,1	2,6	0,1
360	230	2,1	0,1	1	0	2,2	0,1	2,8	0,2
Incremento medio mensual (cm.)		0,2		0,1		0,2		0,2	
Coefficiente de correlación* (r)		-0,1		-0,4		0,4		-0,1	
Coefficiente de determinación* (r ²)		1,7		14,7		16,2		0,9	

* Entre las variables precipitación e incremento corriente

El grosor basal logrado durante el periodo de evaluación fue similar en las dos localidades, con un incremento medio mensual de 0.1 cm. Esta situación permite aseverar que el bajo desarrollo (diámetro basal) estuvo influenciado por la altitud principalmente; teniendo en cuenta, que *C. argentea* no se adapta ni logra desarrollar todo su potencial a altitudes superiores a 1200 m.s.n.m., tal como lo afirma Lascano et al⁷⁶.

Además; durante los primeros 60 días en la localidad de Restrepo no se reportó ningún incremento en el diámetro basal, situación que también fue similar en el municipio de Yotoco; sin embargo, esta es una característica intrínseca de la especie, coincidiendo con las afirmaciones de Argel y Lascano⁷⁷ (1998), quienes señalan que *C. argentea* presenta un lento desarrollo los primeros 60 a 90 días después de establecida en campo.

3.1.2.3 Diámetro basal de la especie *Leucaena leucocephala*. el diámetro basal logrado por esta especie en la localidad de Restrepo (1.3 cm.) fue inferior al reportado en el municipio de Yotoco (2.2 cm.) (figuras 12 y 13).

Lo anterior se puede atribuir a que *L. leucocephala* encontró mejores condiciones en la zona de ladera del municipio de Yotoco; donde no se presentaron problemas de defoliación ocasionados por hormigas, tal como ocurrió en la zona del Restrepo donde se limitó el desarrollo del arbusto por esta causa y el régimen de lluvias fue mejor, contribuyendo a una mayor humedad del suelo.

El resultado obtenido en Restrepo (1.3 cm.), no coincidió con el reportado por Ruíz et al⁷⁸ de 2.4 cm. La diferencia posiblemente sucedió por las limitantes reportadas en esta zona (defoliación por hormigas y baja precipitación). No obstante; el diámetro basal reportado en Yotoco (2.2 cm.) fue similar al reportado por estos autores.

3.1.2.4 Diámetro basal de la especie *Tithonia diversifolia*. esta especie presentó el mayor desarrollo de diámetro basal; lo cual, estuvo básicamente influenciado por el sistema de propagación vegetativo utilizado. Los rebrotes generados a partir de las estacas establecidas en campo, mostraron buen vigor y 30 días después de la siembra, se encontró brotes con un promedio de 0.6 y 0.8 cm. de diámetro en las localidades de Restrepo y Yotoco respectivamente (tablas 3 y 4).

A partir de este dato base, el incremento creciente mensual osciló generalmente entre 0.1 y 0.3 cm., siendo constante durante el periodo de evaluación. Finalmente, se determinó que en los municipios de Restrepo y Yotoco, el incremento medio mensual fue semejante (0.2 cm).

Esto posiblemente se presentó debido a que *T. diversifolia* es una especie local; adaptada a las condiciones de suelo y clima de las dos zonas en estudio y porque además su desarrollo no se

⁷⁶ LASCANO et al., Op. cit., p. 6.

⁷⁷ ARGEL y LASCANO, Op. cit.

⁷⁸ RUÍZ et al., Op. cit.

limitó por problemas fitosanitarios. No obstante; se debe considerar que la escasez de lluvias antes y/o después del establecimiento, puede afectar el éxito de la siembra y el posterior desarrollo de los brotes de la estaca.

CAPACIDAD DE REBROTE DE LOS ARBUSTOS FORRAJEROS

3.2.1 Número de rebrotes. en el municipio de Restrepo, los arbustos forrajeros desarrollaron el siguiente número de rebrotes: la especie *C. calothyrsus* generó 18.4 rebrotes/planta, *C. argentea* 5.7 rebrotes/planta, *L. leucocephala* 18.3 rebrotes/planta y *T. diversifolia* 20.2 rebrotes/planta (tabla 5).

Al realizar análisis de varianza (Anexo C) se encontró que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre la cantidad de rebrotes generados por cada especie. Lo anterior se puede observar en la figura 14 y probablemente sucedió debido al tipo de arbusto, a las características morfológicas del mismo y al método de propagación.

Tabla 5. Número y longitud promedio de rebrotes generados por los arbustos forrajeros durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento) en el municipio de Restrepo.

Especies	Número de rebrotes	Longitud de rebrotes
<i>Calliandra calothyrsus</i>	18.4 a	38.6 b
<i>Cratylia argentea</i>	5.7 b	21.5 c
<i>Leucaena leucocephala</i>	18.3 a	23.7 c
<i>Titbonia diversifolia</i>	20.2 a	64.3 a

* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($P < 0.05$)

Al comparar los resultados obtenidos mediante prueba de Duncan ($P < 0.05$), se determinó que existen diferencias significativas entre la cantidad de rebrotes generados por *C. argentea* (5.7) y los presentados por las demás especies evaluadas. Estadísticamente, se encontró que la especie con el menor número de rebrotes fue *C. argentea* (5.7), mientras que *C. calothyrsus* (18.4), *L. leucocephala* (18.3) y *T. diversifolia* (20.2) generaron el mayor número de éstos (figura 14).

La diferencia anterior ocurrió, probablemente porque *C. argentea* fue la especie de menor desarrollo tanto en altura (103.4 cm.), como en diámetro de tallo (0.9 cm.). El grosor del tallo, es una característica que posiblemente también influyó en la generación de rebrotes, ya que de la cantidad de reservas nutricionales de éste, posiblemente depende el número y el vigor de los nuevos brotes. Además, mientras los demás arbustos forrajeros generaron rebrotes en cada yema existente y casi siempre fueron 2 o 3 brotes/yema; *C. argentea* siempre los formó en las yemas de la parte superior del tallo, donde únicamente 1 o 2 fueron viables.

Por su parte; *C. calothyrsus*, *L. leucocephala* y *T. diversifolia*, luego de la poda de formación y de los ramoneos posteriores generaron un número similar de rebrotes (18.4, 18.3 y 20.2 respectivamente), lo cual se comprobó al realizar la comparación mediante prueba de Duncan

y determinar que no existen diferencias significativas entre estas especies. Esto sucedió porque el número de yemas por tallo fue similar en las tres especies y la totalidad de éstas fueron viables, generando algunas veces más de 2 rebrotes por yema.

Figura 13. Número promedio de rebrotes generados por los arbustos forrajeros durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento), en los municipios de Restrepo y Yotoco

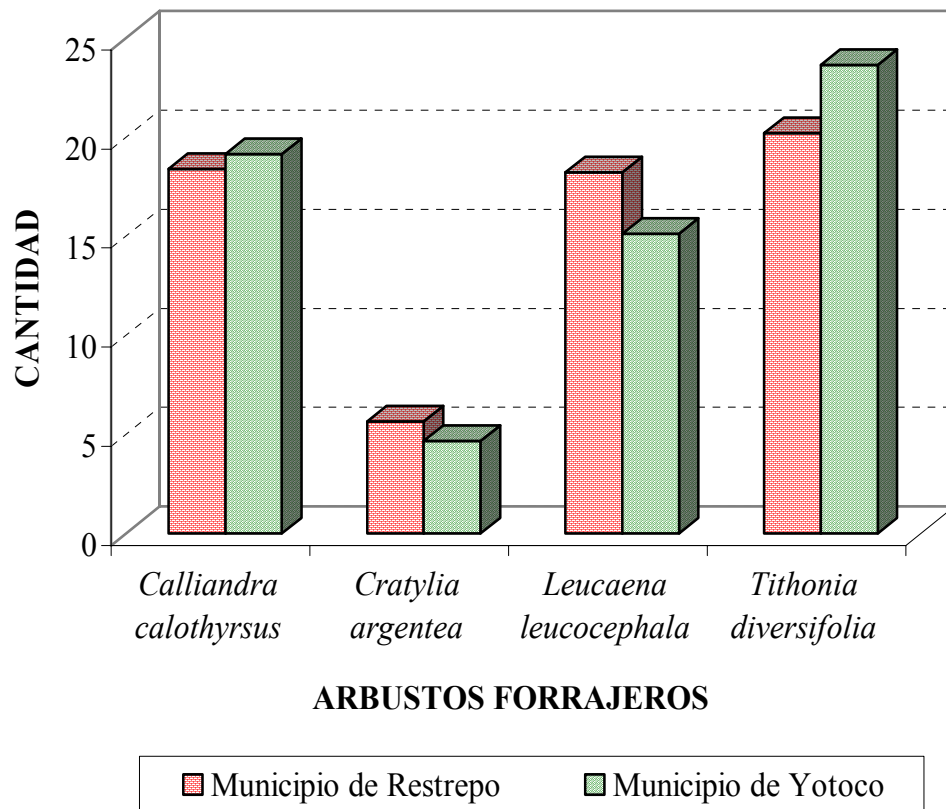


Tabla 6. Número y longitud promedio de rebrotes generados por los arbustos forrajeros durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento), en el municipio de Yotoco.

Especies	Número de rebrotes	Longitud de rebrotes
<i>Calliandra calothyrsus</i>	19.2 b	62.8 a
<i>Cratylia argentea</i>	4.7 d	35.8 b
<i>Leucaena leucocephala</i>	15.2 c	46.7 b
<i>Tithonia diversifolia</i>	23.7 a	75.5 a

* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($P < 0.05$)

Entre tanto, en el municipio de Yotoco se reportaron los siguientes datos: 19.2, 4.7, 15.2, 23.7 rebrotes/planta, para las especies *C. calothyrsus*, *C. argentea*, *L. leucocephala* y *T. diversifolia*

respectivamente (tabla 6). Como se puede apreciar en la figura 14; el número de rebrotes generados por los arbustos evaluados en cada localidad fue muy similar.

Esto quiere decir, que la capacidad de rebrote en general fue semejante; independientemente, de la zona biofísica donde se estableció. La diferencia se presentó en la longitud que alcanzaron los rebrotes durante el periodo de descanso, la cual se analizará más adelante.

Mediante el análisis de varianza (Anexo D) de la cantidad de rebrotes generados por las especies en la localidad de Yotoco; se encontró que estadísticamente presentaron diferencias altamente significativas; lo cual fue equivalente con los resultados reportados en la localidad de Restrepo.

La prueba de comparación de Duncan ($P < 0.05$) estableció que estadísticamente el mejor número de rebrotes fue el reportado por la especie *T. diversifolia* (23.7). Esto se logró posiblemente, porque todas las yemas del tallo remanente de esta especie fueron viables y generó entre 2 y 3 brotes/yema. También; el grosor del tallo principal, debido a una mayor acumulación de reservas nutricionales, pudo haber influido en la formación de una cantidad superior de rebrotes con respecto a la reportada por las demás especies evaluadas.

3.2.2 Longitud de los rebrotes. la longitud promedio de los rebrotes en los tres periodos de evaluación se incrementó en el tiempo en las especies leguminosas. Para *T. diversifolia* la longitud de los rebrotes fue mayor que para el resto de las especies y tuvo su mayor crecimiento a partir de los 30 días después del aprovechamiento (figuras 15 y 16).

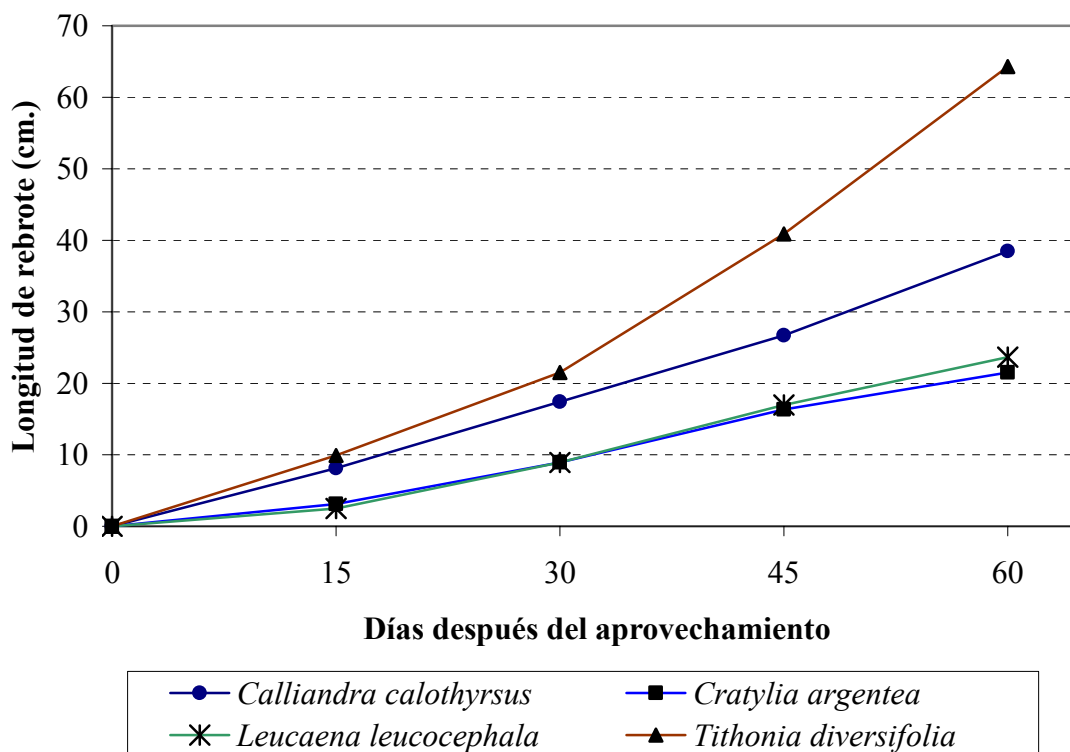
Al realizar análisis de varianza (Anexo E), se determinó que en el municipio de Restrepo, la longitud lograda por los rebrotes de cada arbusto forrajero durante el periodo de descanso, presentó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$).

Al comparar los resultados mediante prueba de Duncan ($P < 0.05$), se encontró que entre la menor longitud de los rebrotes la lograron *C. argentea* (21.5 cm.) y *L. leucocephala* (23.7); mientras que *T. diversifolia* fue la especie que presentó la mayor longitud (64.3 cm.) y *C. calothyrsus* una longitud intermedia (38.5 cm.) (tabla 5).

La longitud de los rebrotes de *T. diversifolia* (64.3 cm.), se presentó probablemente por la adaptación de la especie a las condiciones de la zona y por el método de propagación que se utilizó, lo que favoreció la generación de tallos de mayor grosor con respecto al registrado por las especies leguminosas propagadas sexualmente (figura 12).

Entre tanto; en el municipio de Yotoco; los registros de la figura 16 demuestran un mejor desarrollo de rebrotes, que el reportado en el municipio de Restrepo (figura 15). Mediante el análisis de varianza (Anexo F) se determinó que existen diferencias altamente significativas entre los arbustos evaluados, teniendo en cuenta la variable longitud de rebrotes.

Figura 14. Crecimiento promedio de los rebrotes generados por los arbustos forrajeros durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento) en el municipio de Restrepo



La prueba de Duncan ($P < 0.05$) determinó que estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre la longitud lograda por las especies *C. calothyrsus* y *T. diversifolia*; como tampoco, se demostraron diferencias entre *C. argentea* y *L. leucocephala* (tabla 6).

En esta localidad, se estableció mediante esta prueba de comparación, que las especies arbustivas que lograron la mejor longitud de rebrotes fueron *C. calothyrsus* (62.8 cm.) y *T. diversifolia* (75.5 cm.) y aquellas que alcanzaron la menor longitud fueron *C. argentea* (35.8 cm.) y *L. leucocephala* (46.5 cm.), con diferencias significativas entre ellas (tabla 6).

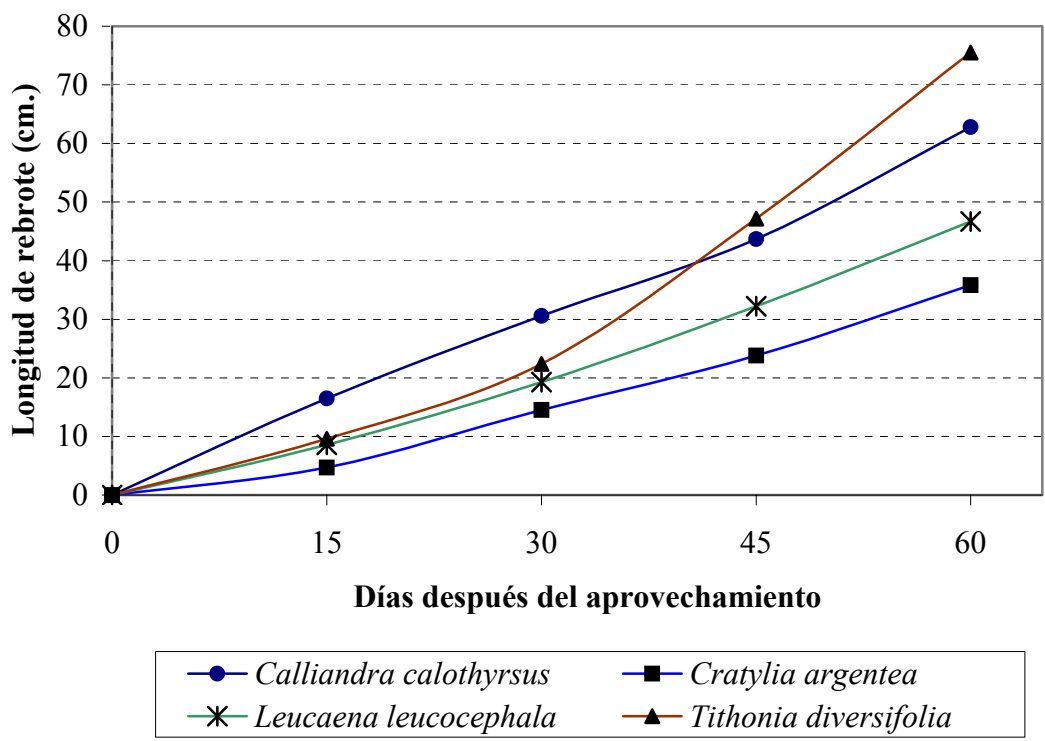
Las diferencias reportadas con respecto a la longitud de rebrotes entre *C. calothyrsus* y las demás especies leguminosas, ocurrió posiblemente porque el desarrollo (altura y diámetro basal) que logró la planta durante su establecimiento fue el mejor. Además el rango de adaptación de *C. calothyrsus* (0 a 1900 m.s.n.m.); es más amplio que el de *L. leucocephala* (0 a 1500 m.s.n.m.) y *C. argentea* (0 – 1200 m.s.n.m.), lo que probablemente también influyó en los resultados obtenidos (Palmer, Macqueen y Gutteridge⁷⁹; Tokura et al⁸⁰ y Lascano et al⁸¹).

⁷⁹ PALMER, MANQUEEN y GUTTERIDGE, Op. cit., p. 66.

⁸⁰ TOKURA et al., Op. cit., p. 187.

⁸¹ LASCANO et al., Op. cit., p. 6.

Figura 15. Crecimiento promedio de los rebrotes generados por los arbustos forrajeros durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento), en el municipio de Yotoco

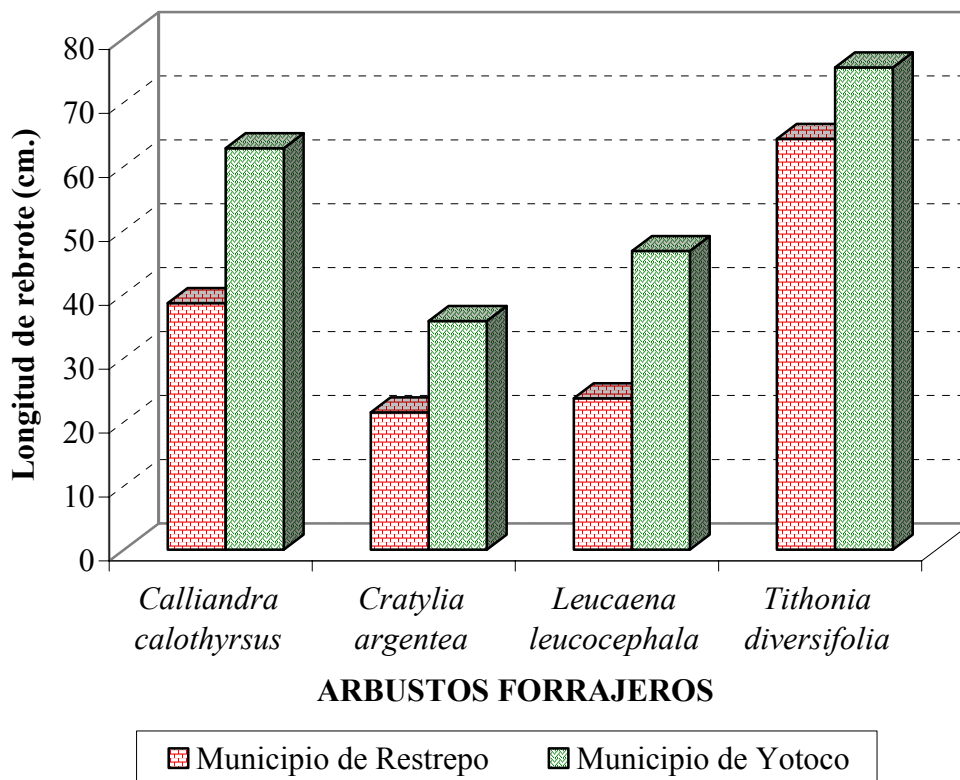


Por su parte; las diferencias significativas que se presentaron entre *T. diversifolia* y las leguminosas *C. argentea* y *L. leucocephala* con relación a la longitud lograda por sus rebrotes (75.5 cm., 35.8 cm. y 46.7 cm. respectivamente); se generaron probablemente porque la especie no leguminosa se adaptó con facilidad a las condiciones la zona en estudio, ya que es una especie local y además el método de propagación que se utilizó, favoreció la generación de tallos de mayor grosor, con relación al logrado por las especies leguminosas.

En la figura 17 se puede observar que la longitud que lograron los rebrotes de los arbustos forrajeros *C. argentea* (35.8 cm.), *C. calothyrsus* (62.8 cm.), *L. leucocephala* (46.7 cm.) en el municipio de Yotoco fue aproximadamente entre un 40 y 50% mayor a la alcanzada en la localidad de Restrepo (21.5 cm., 38.5 cm., 23.7 cm. respectivamente). Lo anterior; sucedió posiblemente debido a que los arbustos encontraron en la localidad de Yotoco mejores condiciones para su desarrollo.

La longitud de rebrotes de *T. diversifolia* en la localidad de Yotoco (75.5 cm.) fue aproximadamente un 15% mayor con respecto a la registrada en la localidad de Restrepo (64.3 cm.). Esta diferencia no es amplia como la reportada en las especies leguminosas, debido a que *T. diversifolia* es una especie local; por lo tanto, logró adaptarse fácilmente a las condiciones de clima, fertilidad de suelo y manejo prevalecientes en las zonas de estudio.

Figura 16. Longitud promedio de los rebrotes generados por los arbustos forrajeros durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento), en los municipios de Restrepo y Yotoco



También; al observar la figura 17, se puede afirmar que aquellas especies que presentaron el mayor desarrollo de rebrotes (*C. calothyrsus*, *L. leucocephala* y *T. diversifolia*) en el municipio de Yotoco; fueron consecuentemente, aquellas que alcanzaron el mejor crecimiento (tabla 2) antes del primer aprovechamiento. Con base en lo anterior; se puede aseverar que posiblemente, para que una planta alcance todo su potencial, es necesario que haya logrado un buen desarrollo de toda su estructura durante el periodo de establecimiento.

PRODUCCIÓN DE FITOMASA DE LOS ARBUSTOS FORRAJEROS.

Los resultados de fitomasa presentados y analizados a continuación corresponden al rendimiento obtenido en el primer aprovechamiento y al promedio de los aprovechamientos posteriores (3). Se determinó realizarlo de esta manera; teniendo en cuenta, que la cantidad de fitomasa presente en el primer aprovechamiento resultó de la acumulación alcanzada durante el periodo de crecimiento (establecimiento); mientras que la fitomasa de los posteriores aprovechamientos, fue resultado de la capacidad de rebrote lograda durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento).

3.3.1 Primer aprovechamiento. el primer aprovechamiento de los arbustos forrajeros en el municipio de Restrepo, se llevó a cabo 300 días después de la siembra y en Yotoco 180 días

después de la siembra. Este periodo fue inferior al reportado en la primera localidad; debido a que el desarrollo logrado por los arbustos fue más eficiente, alcanzando y sobrepasando la altura estipulada (1 m.).

3.3.1.1 Producción de fitomasa total. la producción de los arbustos forrajeros en la localidad de Restrepo se representa en la figura 18; donde se puede observar que la especie *C. calothyrsus* obtuvo el mayor rendimiento de fitomasa total (550 Kg./ha), seguida de *T. diversifolia* (503.28 Kg./ha), *L. leucocephala* (218.88 Kg./ha) y *C. argentea* (114.43 Kg./ha).

Al realizar análisis de varianza (Anexo G) para la variable producción de fitomasa total; se encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, ocurridas por el crecimiento heterogéneo (altura) logrado por cada una de las especies durante el periodo de establecimiento (tabla 1).

La prueba de comparación de Duncan ($P < 0.05$) demostró que el mejor rendimiento de fitomasa total en el municipio de Restrepo, fue logrado por *C. calothyrsus* (550 Kg./ha) y *T. diversifolia* (503.28 Kg./ha) (tabla 7).

La misma prueba determinó, que los rendimientos de las especies *C. argentea* (114.43 Kg./ha) y *L. leucocephala* (218.88 Kg./ha) tampoco presentaron diferencias significativas (tabla 7); siendo los arbustos de menor producción.

La diferencia que se presentó entre *C. calothyrsus* y *L. leucocephala* se debe básicamente, al desarrollo (altura) que logró la primera especie con respecto al reportado por la segunda durante el periodo de establecimiento (141.3 cm. y 111.1 cm. respectivamente).

Además; en la productividad de la planta, posiblemente influyó también el rango de adaptación de la especie. Con respecto a este último aspecto; Shelton y Brewaker⁸², afirman que el rango de adaptación de *L. leucocephala* se encuentra entre los 0 y los 1500 m.s.n.m. y que su desarrollo se restringe a medida que aumenta la altitud. Por su parte, *C. calothyrsus*, es una especie que se presenta un rango más amplio de adaptación, que va desde el nivel del mar hasta los 1900 m. de altura (Palmer, Macqueen y Gutteridge⁸³).

Por otra parte; las diferencias que se reportaron entre *C. calothyrsus* y *C. argentea* sucedieron por el bajo desarrollo que presentó esta última especie. Mientras *C. calothyrsus* alcanzó una altura promedio de 143.1 cm. hasta el primer aprovechamiento, *C. argentea* apenas había sobrepasado la altura mínima estipulada (tabla 1).

⁸² SHELTON y BREWAKER, Op. cit., p. 16.

⁸³ PALMER, MACQUEEN y GUTTERIDGE, Op. cit., p. 66.

Figura 17. Producción de fitomasa obtenida en el primer aprovechamiento de los arbustos, en el municipio de Restrepo (300 días después de la siembra)

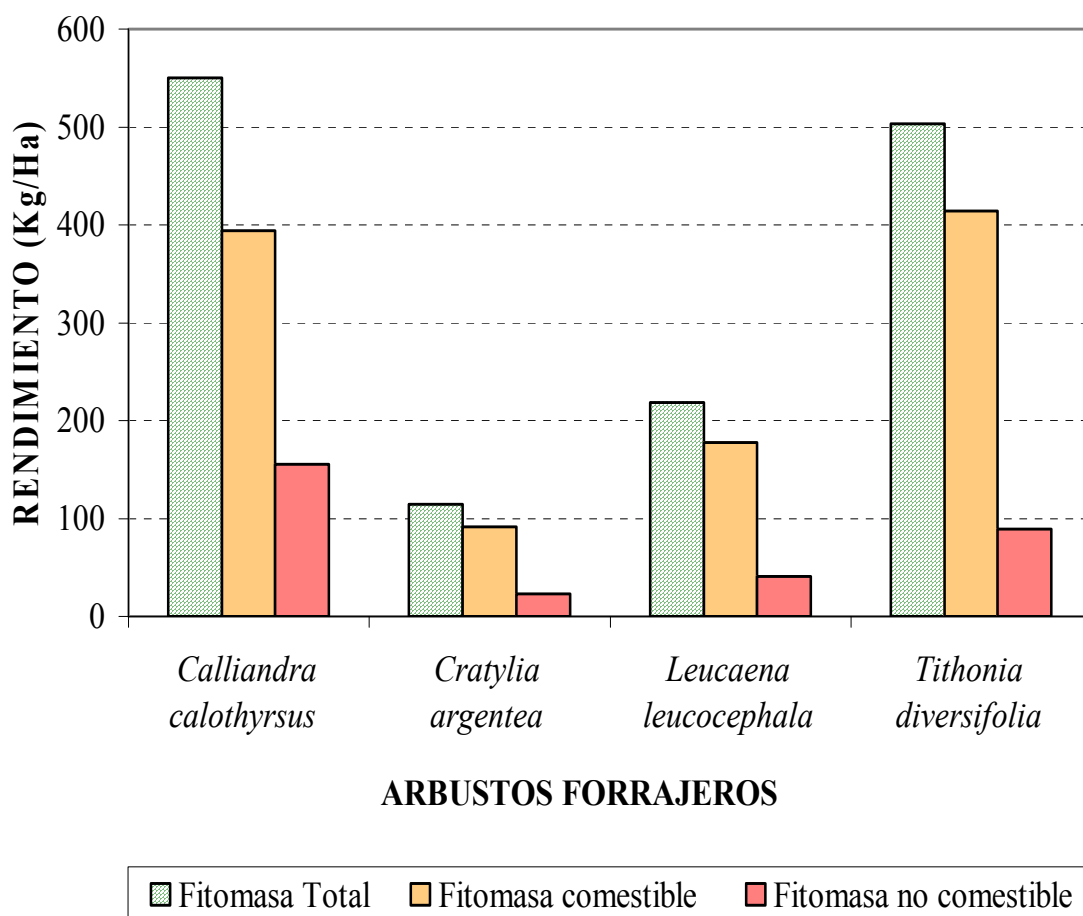


Tabla 7. Rendimientos de fitomasa obtenido en el primer aprovechamiento de los arbustos, en el municipio de Restrepo (300 días después de la siembra).

Especie	Fitomasa Total (Kg./ha)	Fitomasa Comestible (Kg./ha)	Fitomasa No Comestible (Kg./ha)
<i>C. calothyrsus</i>	550,00 a	394,40 a	155,60 a
<i>C. argentea</i>	114,43 b	91,10 b	23,33 b
<i>L. leucocephala</i>	218,88 b	177,76 b	41,12 b
<i>T. diversifolia</i>	503,28 a	414,40 a	88,88 ab

* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($P < 0.05$)

También, se debe indicar que la morfología de la planta posiblemente influyó en la producción; en este aspecto, mientras *C. calothyrsus* desarrolló ramificaciones durante el periodo de crecimiento, *C. argentea* presentó un único tallo principal sin ramificación.

Con respecto a las diferencias significativas entre *T. diversifolia*, *L. leucocephala* y *C. argentea*; se puede afirmar que aunque alcanzaron similar altura hasta el momento del primer aprovechamiento (112.7 cm., 111.1 cm. y 103.3 cm. respectivamente), la cantidad de fitomasa producida por planta fue mayor en la especie no leguminosa. Esto ocurrió probablemente porque *T. diversifolia* fue propagada vegetativamente, generando varios tallos que le permitieron acumular mayor cantidad de fitomasa.

Es importante señalar; que posiblemente por características morfológicas (grosor de los tallos, forma y tamaño de la lámina foliar), la fitomasa de *T. diversifolia* (503.28 Kg./ha) fue mayor que *C. argentea* (114.43 Kg./ha) y *L. leucocephala* (218.88 Kg./ha).

Teniendo en cuenta; los rendimientos obtenidos en la anterior localidad, éstos fueron inferiores a los reportados en la vereda la Colonia del municipio de Yotoco, donde *C. calothyrsus* presentó un rendimiento de 906.6 Kg./ha, *T. diversifolia* 763.63 Kg./ha, *L. leucocephala* 657.7 Kg./ha y *C. argentea* 300 Kg./ha (figura 19).

La diferencia que existe entre los rendimientos de fitomasa total registrados en Restrepo con respecto a los obtenidos en Yotoco; se debe a que en Yotoco, las especies evaluadas alcanzaron alturas superiores, demostrando una mayor eficiencia en su desarrollo. Por ejemplo; *C. calothyrsus* alcanzó en promedio alturas superiores a 2 metros antes del primer ramoneo (180 días después de la siembra), mientras que en Restrepo se registró una altura inferior a 1.5 metros en un periodo de tiempo mayor (300 días después de la siembra).

Al realizar análisis de varianza (Anexo H) de los resultados obtenidos en la localidad de Yotoco, se determinó que existen diferencias altamente significativas entre los rendimientos logrados por los arbustos forrajeros.

La prueba de comparación de Duncan ($P < 0.05$) demostró que estadísticamente; al igual que en la localidad de Restrepo, *C. calothyrsus* y *T. diversifolia* no presentaron diferencias significativas y fueron las especies con el mejor rendimiento de fitomasa total (tabla 8). Sin embargo la misma prueba determinó que a diferencia de los resultados obtenidos en el municipio de Restrepo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las especies *L. leucocephala* y *T. diversifolia* (tabla 7), probablemente porque su desarrollo fue muy similar.

La comparación que se realizó mediante prueba de Duncan ($P < 0.05$) indica que en el municipio de Yotoco; se presentaron diferencias significativas entre *C. argentea* y las demás especies evaluadas (tabla 8). Esto se debe exclusivamente al bajo desarrollo que lograron las plantas de esta especie, debido posiblemente a condiciones de altitud; comprobándose la afirmación de Lascano et al⁸⁴, quien señala que *C. argentea* no logra todo su potencial a alturas superiores de 1200 m.s.n.m.

⁸⁴ LASCANO et al., Op. cit., p. 6.

Figura 18. Producción de fitomasa obtenida en el primer aprovechamiento de los arbustos, en el municipio de Yotoco (180 días después de la siembra)

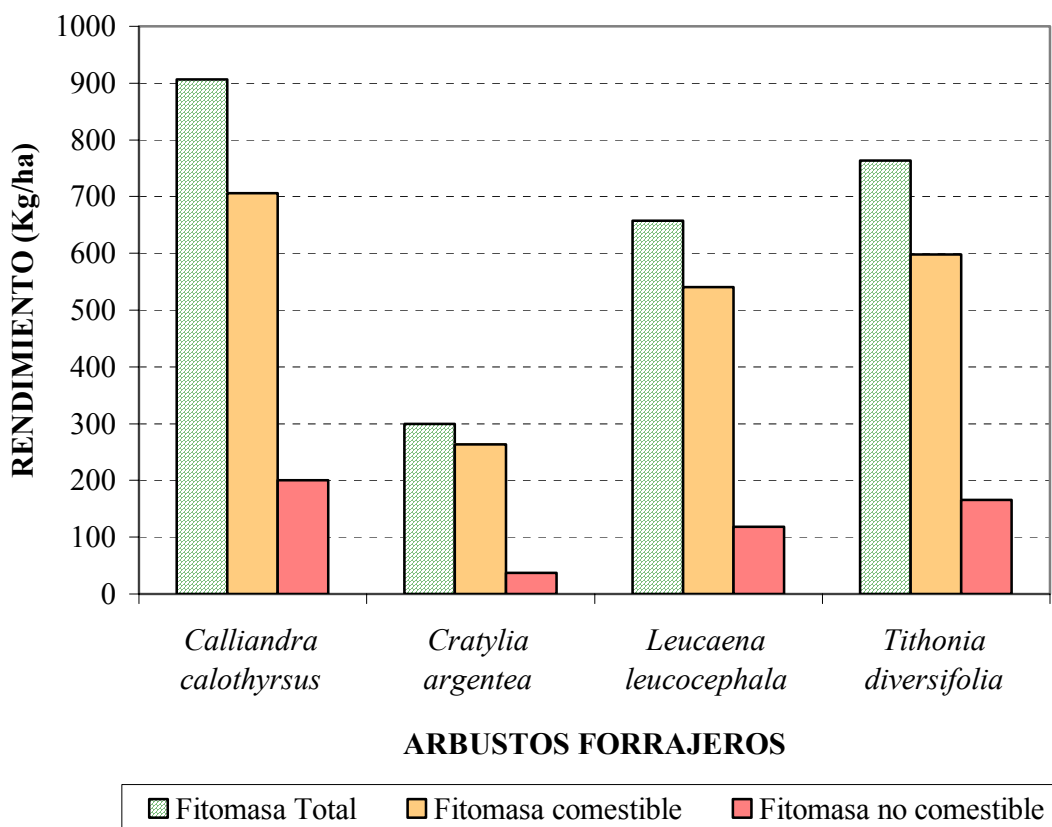


Tabla 8. Rendimientos de fitomasa obtenida en el primer aprovechamiento de los arbustos, en el municipio de Yotoco (180 días después de la siembra).

Especie	Fitomasa Total (Kg./ha)	Fitomasa Comestible (Kg./ha)	Fitomasa No Comestible (Kg./ha)
<i>C. calothyrsus</i>	906,57 a	706,60 a	199,98 a
<i>C. argentea</i>	300,00 c	263,30 c	36,70 b
<i>L. leucocephala</i>	657,70 b	540,00 b	117,70 ab
<i>T. diversifolia</i>	763,63 ab	598,09 ab	165,53 a

* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($P < 0.05$)

Además, mientras las otras especies arbustivas leguminosas se ramificaron y *T. diversifolia* después de su establecimiento generó varios tallos debido al sistema de propagación utilizado; *C. argentea*, presentó un único tallo sin ramificaciones.

3.3.1.2 Producción de fitomasa comestible. los rendimientos de fitomasa comestible (hojas y tallos tiernos) en la vereda el diamante del municipio de Restrepo fueron: *C. calothyrsus* 394.4

Kg./ha, *C. argentea* 91.1 Kg./ha, *L. leucocephala* 177.76 Kg./ha y *T. diversifolia* 414.4 Kg./ha (tabla 7). Estos resultados se representan en la figura 13, donde se observa que los más altos rendimientos fueron los logrados por *C. calothyrsus* y *T. diversifolia*.

Los anteriores resultados; demostraron que el rendimiento de fitomasa comestible de los arbustos forrajeros, fue directamente proporcional con la cantidad fitomasa total; por lo tanto, al realizar análisis de varianza (Anexo I) se encontró que en la localidad de Restrepo, existen diferencias significativas entre los rendimientos de fitomasa comestible de los tratamientos evaluados.

En esta localidad; se encontró que entre *C. argentea* (91.1 Kg./ha) y *L. leucocephala* (177.76 Kg./ha) no existen diferencias significativas al compararse mediante prueba de Duncan ($P < 0.05$). Igualmente, tampoco se determinó diferencias estadísticas significativas entre las especies *C. calothyrsus* (394.4 Kg./ha) y *T. diversifolia* (414.4 Kg./ha).

Con base en lo anterior; se determinó que estadísticamente los mejores rendimientos de fitomasa comestible fueron los logrados por *C. calothyrsus* (394.4 Kg./ha) y *T. diversifolia* (414.4 Kg./ha). Así mismo; se encontró que las especies de más baja producción fueron *C. argentea* (91.1 Kg./ha) y *L. leucocephala* (177.76 Kg./ha), lo cual es congruente con los datos de fitomasa total analizados anteriormente.

Caso similar ocurrió con la producción de fitomasa comestible obtenida en la localidad de Yotoco; donde *C. calothyrsus* reportó un rendimiento de 706.60 Kg./ha, *C. argentea* 263.30 Kg./ha, *L. leucocephala* 540 Kg./ha y *T. diversifolia* 598.09 Kg./ha (tabla 8).

Al realizar análisis de varianza (Anexo J) se encontró que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los rendimientos de fitomasa comestible logrados por cada una de las especies arbustivas evaluadas en esta investigación.

Al comparar estos rendimientos mediante prueba de Duncan ($P < 0.05$), se determinó que existen diferencias significativas entre la producción reportada por *C. argentea* (263.3 Kg./ha) y la lograda por las demás especies arbustivas (Tabla 10). También se encontraron diferencias significativas entre *L. leucocephala* (540 Kg./ha) y *C. calothyrsus* (706.6 Kg./ha) (tabla 8).

La primera diferencia reportada; ocurrió por el bajo desarrollo (altura) de *C. argentea* (124 cm.), quien antes del primer aprovechamiento y aunque supero la altura estipulada (1 m.), no logró crecer lo suficiente para acumular tanta fitomasa como obtenida por *T. diversifolia* (598.09 Kg./ha), *C. calothyrsus* (706.6 Kg./ha) y *L. leucocephala* (540 Kg./ha).

La diferencia reportada entre los rendimientos de fitomasa comestible de *L. leucocephala* (540 Kg./ha) y *C. calothyrsus* (706.6 Kg./ha), ocurrió probablemente por la altura promedio lograda durante el periodo de crecimiento (183.2 cm. y 213.1 cm. respectivamente) y por las características estructurales del follaje de estas especies.

En este último aspecto; se podría considerar el número de pinnas y los pares de folíolos. En este contexto; *C. calothyrsus* presenta un número mayor de estas dos estructuras foliares,

reportando entre 9 a 15 pares de pinnas y entre 25 a 60 pares de foliolos (Palmer, Macqueen y Gutteridge⁸⁵), en comparación con los presentados por *L. leucocephala*: 4 a 10 pares de pinnas y 10 a 25 pares de foliolos (Tokura et al⁸⁶).

3.3.1.3 Producción de fitomasa no comestible. los resultados obtenidos en el municipio de Restrepo fueron de 155.6 Kg./ha para *C. calothyrsus*, 23.33 Kg./ha para *C. argentea*, 41.12 Kg./ha para *L. leucocephala* y 88.88 Kg./ha para *T. diversifolia* (tabla 7).

Al realizar análisis de varianza (Anexo K) se encontró que existen diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los rendimientos de fitomasa no comestible logrados por cada uno de los arbustos forrajeros en la localidad de Restrepo.

Mediante la prueba de comparación de Duncan ($P < 0.05$) se determinó que las especies de mayor producción de este tipo de material vegetal fueron *C. calothyrsus* (155.6 Kg./ha) y *T. diversifolia* (88.88 kg./ha), encontrándose diferencias no significativas entre ellas (tabla 7). Lo anterior; estuvo conforme con el nivel productivo de fitomasa total y fitomasa comestible, donde tampoco se determinó ninguna diferencia estadística entre estas especies; siendo las de mejor rendimiento, tal como se puede apreciar en la figura 18.

Los resultados obtenidos, se lograron por el desarrollo (altura) que presentaron las plantas de estas especies. Para el caso particular de la especie leguminosa, la mayor acumulación de material vegetal no comestible se logró por la altura alcanzada durante el periodo de crecimiento (141.3 cm.); mientras, que el rendimiento logrado por *T. diversifolia* se debe al número de tallos generados a partir de la estaca sembrada, los cuales generalmente oscilaron entre 3 y 5 tallos/estaca.

La prueba de comparación de Duncan ($P < 0.05$) también reportó que en la localidad de Restrepo no existen diferencias significativas entre los rendimientos de los arbustos *C. argentea* (23.33 Kg./ha), *L. leucocephala* (41.12) y *T. diversifolia* (88.88 Kg./ha); lo cual se debe a que las anteriores especies, lograron un desarrollo (altura) similar (103.4 cm., 111.1 cm. y 112.7 cm. respectivamente).

Los datos obtenidos en la anterior localidad fueron igualmente inferiores a los registrados en el municipio de Yotoco, donde se obtuvieron los siguientes rendimientos de fitomasa no comestible: *C. calothyrsus* 199.98 Kg./ha , *C. argentea* 36.7 Kg./ha, *L. leucocephala* 117.7 Kg./ha y *T. diversifolia* 165.53 Kg./ha (tabla 8).

Mediante el análisis de varianza de los resultados obtenidos en la localidad de Yotoco (Anexo L), se encontró que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los rendimientos de los arbustos evaluados.

⁸⁵ PALMER, MACQUEEN y GUTTERIDGE, Op. cit., p. 66.

⁸⁶ TOKURA et al., Op. cit., p. 187.

La prueba de comparación de Duncan ($P < 0.05$) determinó que los arbustos *L. leucocephala*, *T. diversifolia* y *C. calothyrsus* presentaron el mejor rendimiento de fitomasa no comestible (117.7 Kg./ha, 165.53 Kg./ha y 199.98 Kg./ha respectivamente) y no se determinaron diferencias estadísticas significativas entre ellos (tabla 8), lo que posiblemente se debe a que fueron las especies con los mejores rendimientos de fitomasa, tal como se puede apreciar en la figura 14, e igualmente fueron los arbustos que presentaron el mejor desarrollo (altura) antes del primer ramoneo (183.2 cm., 177 cm. y 213.1 cm. respectivamente).

Las diferencias estadísticas reportadas por *C. argentea* con respecto a los arbustos *C. calothyrsus* y *T. diversifolia* (tabla 8); ocurrieron porque la primera especie, fue el arbusto que logró la menor altura (124 cm.) antes del primer aprovechamiento, además estructuralmente formó un tallo sin ramificaciones; mientras la especie leguminosa (*C. calothyrsus*) se ramificó y en el caso de *T. diversifolia* además de la ramificación, formó varios tallos (generalmente entre 3 y 5 tallos/estaca) debido al sistema de propagación utilizado.

3.3.2 Promedio de aprovechamientos posteriores. Después del anterior aprovechamiento; en cada localidad, se evaluó la producción de tres más, para establecer la tendencia del potencial productivo de cada especie evaluada bajo el manejo estipulado (ramoneo).

3.3.2.1 Producción de fitomasa total. el rendimiento promedio de fitomasa total de los tres aprovechamientos posteriores al primero, en la zona de Restrepo fue: 417.66 Kg./ha de *C. calothyrsus*, 82.79 Kg./ha de *C. argentea*, 139.33 Kg./ha de *L. leucocephala* y 917.58 Kg./ha de *T. diversifolia* (figura 20).

Mediante análisis de varianza (Anexo M) de los resultados obtenidos en esta localidad, se determinó que existen diferencias altamente significativas entre los rendimientos promedio de los arbustos evaluados. Diferencias apreciables en la figura 20 y que probablemente ocurrieron por la capacidad de rebrote intrínseca de cada especie forrajera.

La tendencia que se observó en el primer aprovechamiento, cambio debido al incremento del rendimiento de fitomasa de *T. diversifolia*. Al respecto; la prueba de comparación de Duncan ($P < 0.05$) demostró diferencias significativas entre los rendimientos promedio de fitomasa total de la especie no leguminosa (917.58 Kg./ha), en relación al obtenido por los arbustos leguminosos *C. calothyrsus* (417.66 Kg./ha), *C. argentea* (82.79 Kg./ha) y *L. leucocephala* (139.33 Kg./ha).

Al comparar el promedio de los tres (3) aprovechamientos realizados en Restrepo; se determinó estadísticamente que la especie de mayor rendimiento fue *T. diversifolia* (917.58 Kg./ha) y las de menor fueron los arbustos leguminosos (*C. calothyrsus*, *C. argentea* y *L. leucocephala*) (figura 20).

Las diferencias que se presentaron ocurrieron posiblemente porque la longitud de los rebrotes de la especie *T. diversifolia* (64.3 cm.) fue significativamente mayor que la lograda por los rebrotes de las especies leguminosas (tabla 5). Las diferencias presentadas particularmente con relación a *C. argentea*; también se ocasionaron por el número de rebrotes, el cual fue significativamente mayor en *T. diversifolia* (tabla 5).

Figura 19. Producción promedio de fitomasa generada por los rebrotes de los arbustos durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento) en el municipio de Restrepo

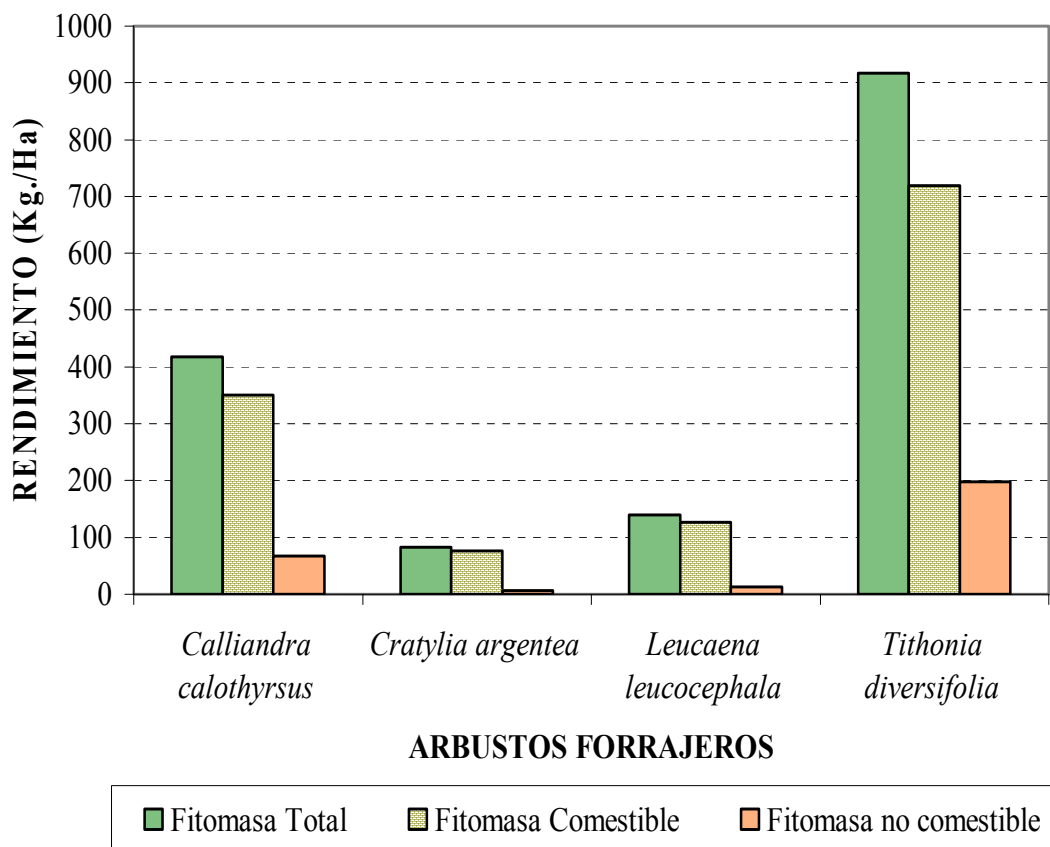


Tabla 9. Rendimiento promedio de fitomasa generada por los rebrotes de los arbustos durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento), en el municipio de Restrepo

Especie	Fitomasa Total (Kg./ha)	Fitomasa Comestible (Kg./ha)	Fitomasa No Comestible (Kg./ha)
<i>C. calothyrsus</i>	417.66 b	350.16 b	67.51 b
<i>C. argentea</i>	82.79 b	75.88 b	6.91 c
<i>L. leucocephala</i>	139.33 b	126.64 b	12.69 c
<i>T. diversifolia</i>	917.58 a	719.68 a	197.90 a

* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan (P < 0.05)

En el municipio de Yotoco, donde la producción promedio de los tres aprovechamientos fue de 815.89 Kg./ha, 226.23 Kg./ha, 598.71 Kg./ha y 1248.67 Kg./ha para las especies *C. calothyrsus*, *C. argentea*, *L. leucocephala* y *T. diversifolia* respectivamente (figura 21).

Figura 20. Producción promedio de fitomasa generada por los rebrotes de los arbustos durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento) en el municipio de Yotoco

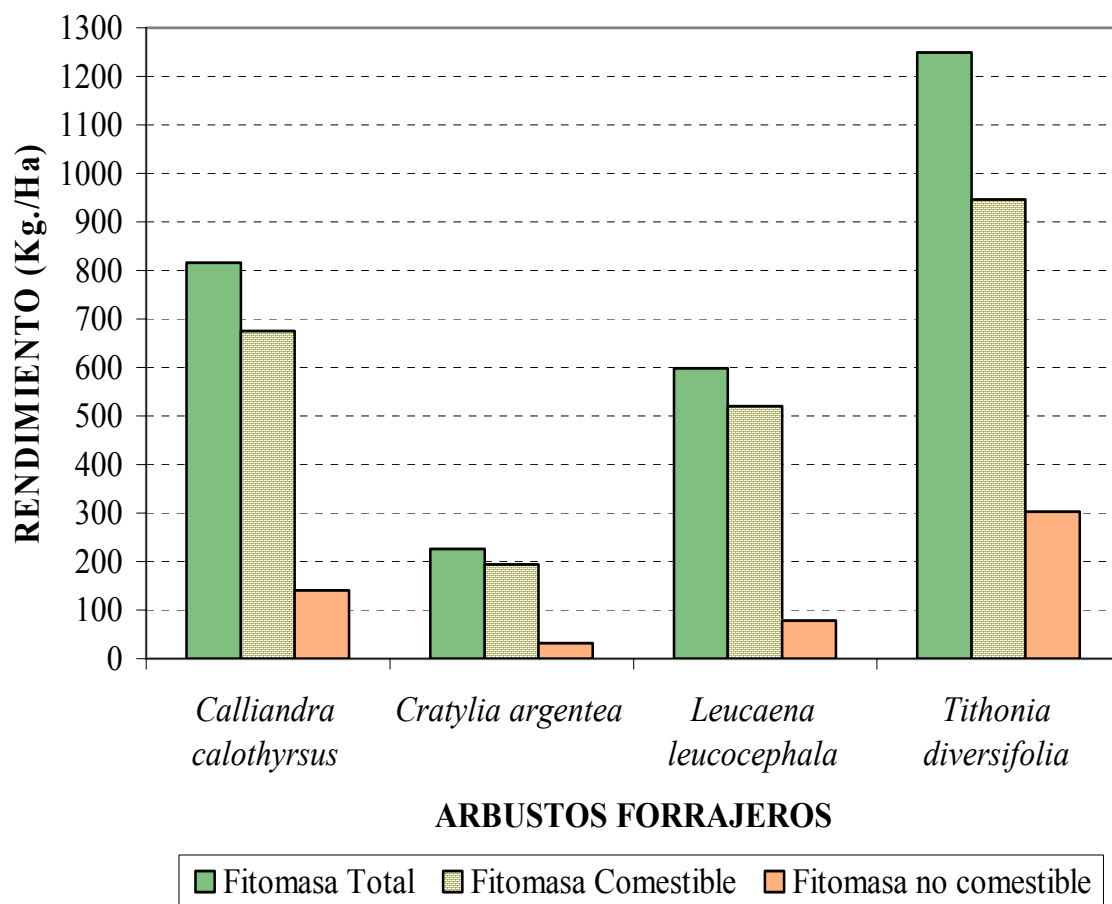


Tabla 10. Rendimiento promedio de fitomasa generada por los rebrotes de los arbustos durante el periodo de descanso (60 días después de cada aprovechamiento), en el municipio de Yotoco.

Especie	Fitomasa Total (Kg./ha)	Fitomasa Comestible (Kg./ha)	Fitomasa No Comestible (Kg./ha)
<i>C. calothyrsus</i>	815.89 b	675.60 b	140.29 b
<i>C. argentea</i>	226.23 c	193.97 c	32.26 c
<i>L. leucocephala</i>	598.71 b	520.11 b	78.60 bc
<i>T. diversifolia</i>	1248.67 a	945.85 a	302.81 c

* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($P < 0.05$)

Al realizar análisis de varianza (Anexo N), se estableció diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los rendimientos de fitomasa total logrados por los arbustos forrajeros en esta zona.

Mediante prueba de comparación de Duncan ($P < 0.05$) se determinó que los arbustos de mayor y menor rendimiento de fitomasa total fueron las especies *T. diversifolia* (1248.67 Kg./ha) y *C. argentea* (226.63 Kg./ha) respectivamente; reportándose diferencias significativas entre ellas (tabla 10). Lo anterior se observa en la figura 21, donde se muestra los rendimientos de fitomasa total obtenidos en el municipio de Yotoco.

Las especies leguminosas *C. calothyrsus* y *L. leucocephala* lograron un rendimiento intermedio (815.89 Kg./ha y 598.71 Kg./ha respectivamente) sin diferencias significativas entre sí; pero, presentaron diferencias estadísticas significativas con respecto al rendimiento logrado por las especies *C. argentea* (226.23 Kg./ha) y *T. diversifolia* (1248.67 Kg./ha) (tabla 10).

La diferencia significativa entre el rendimiento de fitomasa total de *C. argentea* (226.23 Kg./ha) y el logrado por los demás arbustos forrajeros (tabla 10), radica probablemente en el bajo número y en la menor longitud de los rebrotes generados después de cada aprovechamiento. Esto es congruente, porque estas dos variables (número y longitud de rebrotes) fueron estadísticamente inferiores y generalmente alcanzaron un bajo desarrollo, con respecto al presentado por los demás arbustos forrajeros (tabla 6).

Por su parte; *T. diversifolia* durante el periodo de descanso posterior a cada aprovechamiento desarrolló un mayor número (23.7) y longitud (75.5 cm.) de rebrotes, que le permitió recuperar la fitomasa que perdió durante cada ramoneo, logrando un incremento significativo; el cual estuvo cercano al 40% con respecto a la cantidad de fitomasa lograda en el primer aprovechamiento (763.63 Kg./ha).

Las diferencias significativas demostradas mediante prueba de Duncan ($P < 0.05$) entre los rendimientos de *T. diversifolia* (1248.67 Kg./ha) con respecto al obtenido por las especies *C. argentea* (226.23 Kg./ha), *C. calothyrsus* (815.89 Kg./ha) y *L. leucocephala* (598.71 Kg./ha) (tabla 10); ocurrieron posiblemente, por el número (23.7) y la longitud de los rebrotes (75.6 cm.).

Además; es importante señalar, que estas diferencias también se presentaron por características morfológicas del forraje de éstos arbustos. En este último aspecto; influyeron la forma de laminar foliar (hojas palmeadas de la especie no leguminosa, hojas bipinnadas de las especies *C. calothyrsus* y *L. leucocephala* y hojas trifoliadas de *C. argentea*) y el grosor de los rebrotes generados.

3.3.2.2 Producción de fitomasa comestible. en Restrepo se obtuvieron los siguientes rendimientos promedio: 350.16 Kg./ha de *C. calothyrsus*, 75.88 Kg./ha de *C. argentea*, 126.64 Kg./ha de *L. leucocephala* y 719.68 Kg./ha de *T. diversifolia* (tabla 9).

El análisis de varianza (Anexo O) determinó que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los rendimientos reportados anteriormente. Este resultado es congruente con la cantidad de fitomasa total lograda por cada arbusto forrajero.

Según prueba de comparación de Duncan ($P < 0.05$); se determinó que la especie de mejor rendimiento de fitomasa comestible fue *T. diversifolia* (719.68 Kg./ha) reportando diferencias significativas con relación al logrado por los arbustos leguminosos, quienes presentaron los rendimientos más bajos de este tipo de material vegetal y que estadísticamente entre ellos no presentaron diferencias significativas (tabla 9).

Los rendimientos de material vegetal comestible de *T. diversifolia* (719.68 Kg./ha), se lograron porque en general presentó un número de rebrotes (20.2) estadísticamente superior con relación al logrado por *C. argentea* (5.7); mientras la longitud de los rebrotes fue significativamente mayor que las demás especies evaluadas (tabla 5).

Además de lo anterior; la fitomasa comestible (hojas y tallos tiernos) de *T. diversifolia* presentó diferencias significativas con relación al logrado por las especies leguminosas, debido a las características de su follaje (hojas palmeadas, peciolo largo y rebrotes comestibles con un diámetro hasta de 1 cm.).

Los resultados obtenidos en el municipio de Yotoco fueron superiores; *C. calothyrsus* presentó un rendimiento de 675.60 Kg./ha, *C. argentea* 193.97 Kg./ha, *L. leucocephala* 520.11 Kg./ha y *T. diversifolia* 945.85 Kg./ha (tabla 10).

Al realizar análisis de varianza (Anexo P) de los resultados obtenidos en esta localidad se encontró que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los rendimientos de fitomasa comestible de los arbustos evaluados.

Mediante la prueba de comparación de Duncan ($P < 0.05$) se determinó que el mejor rendimiento de fitomasa comestible lo obtuvo la especie *T. diversifolia* (945.85 Kg./ha) y aquella que presentó el más bajo rendimiento fue *C. argentea* (193.97 Kg./ha); las otras dos especies leguminosas, *C. calothyrsus* y *L. leucocephala* reportaron rendimientos intermedios (675.6 Kg./ha y 520.11 Kg./ha respectivamente).

Con la prueba de Duncan ($P < 0.05$) se comprobó que existen diferencias significativas entre los rendimientos de *C. argentea* (193.97 Kg./ha) y el logrado por los demás arbustos forrajeros; también se reportaron diferencias significativas entre los rendimientos de fitomasa comestible de los arbustos leguminosos y la especie *T. diversifolia* (945.85 Kg./ha).

Las diferencias estadísticas presentadas por la especie *T. diversifolia* con respecto a las demás especies evaluadas, se presentaron por el número (23.7) y la longitud (75.5 cm.) de los rebrotes generados después de cada aprovechamiento; además de las características morfológicas del forraje comestible.

Por su parte; el rendimiento de fitomasa comestible de *C. argentea* presentó diferencias significativas, porque el número (4.7) y la longitud (35.8 cm.) de sus rebrotes, fue estadísticamente inferior con respecto al logrado por las demás especies evaluadas (tabla 6).

Además; aunque sus tallos presentan cierto grado de flexibilidad; durante el ramoneo tienden a quebrarse con facilidad y son más susceptibles a daños mecánicos causados por los animales; lo que también pudo ocasionar que la especie disminuyera el rendimiento de fitomasa.

No obstante; *C. argentea* con un periodo más prolongado de descanso, probablemente podría generar una mayor cantidad de fitomasa. Sin embargo; esto no es recomendable bajo un manejo de pastoreo/ramoneo, debido a que la pastura asociada perdería palatabilidad por exceso de madurez (lignificación).

3.3.2.3 Producción de fitomasa no comestible. los rendimientos promedio obtenidos de material vegetal no comestible en Restrepo son los siguientes: *C. calothyrsus* 67.51 Kg./ha, *C. argentea* 6.91 Kg./ha, *L. leucocephala* 12.69 Kg./ha y *T. diversifolia* 197.90 Kg./ha (tabla 9).

i
El análisis de varianza (Anexo Q) de los anteriores resultados; determinó, que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los rendimientos promedio de fitomasa no comestible lograda por los arbustos forrajeros.

La prueba de comparación de Duncan ($P < 0.05$) determinó que el mejor rendimiento de material vegetal no comestible fue el reportado por *T. diversifolia* (197.9 Kg./ha), presentando diferencias significativas con el obtenido por las especies leguminosas (Tabla 11). Sin embargo; *C. argentea* y *L. leucocephala*; presentaron los más bajos rendimientos de fitomasa no comestible (6.91 Kg./ha y 12.69 Kg./ha respectivamente) y estadísticamente no mostraron diferencias significativas entre sí. *C. calothyrsus*, presentó un rendimiento intermedio (67.51 Kg./ha) y reportó diferencias significativas con *C. argentea*, *L. leucocephala* y *T. diversifolia* (tabla 9).

Las diferencias reportadas por *T. diversifolia*; con respecto a los rendimientos logrados por los demás arbustos forrajeros, se deben posiblemente a que los rebrotes de *T. diversifolia* estructuralmente son más gruesos que los generados por las demás especies evaluadas. Además el número de éstos fue superior con respecto a *C. argentea* y la longitud que alcanzaron (64.3 cm.) fue estadísticamente la mejor con respecto a la lograda por las especies leguminosas.

Por su parte; el rendimiento de fitomasa no comestible logrado por los arbustos *C. calothyrsus*, *C. argentea*, *L. leucocephala* y *T. diversifolia* en la vereda la Colonia del municipio de Yotoco, fue respectivamente 140.29 Kg./ha, 32.26 Kg./ha, 78.60 Kg./ha y 302.81 Kg./ha (tabla 10).

Al efectuar análisis de varianza (Anexo R) se determinó que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos (arbustos) evaluados; lo cual fue congruente con los reportes de fitomasa total y comestible.

La prueba de comparación de Duncan ($P < 0.05$) comprobó que el mayor rendimiento de fitomasa no comestible lo presentó la especie *T. diversifolia* (302.81 Kg./ha), quien reportó diferencias significativas con respecto al obtenido por los demás arbustos forrajeros (Tabla 12). Igualmente, la prueba de comparación permitió determinar que las especies de menor rendimiento fueron *L. leucocephala* (78.6 Kg./ha) y *C. argentea* (32.26 Kg./ha); mientras que *C. calothyrsus* presentó un rendimiento intermedio (140.29 Kg./ha) pero estadísticamente similar al reportado por *L. leucocephala* (tabla 10).

ESTIMACION DE COSTOS

3.4.1 Establecimiento. en la estimación parcial se presentó variación de una especie a otra; encontrándose por ejemplo, que el costo entre las especies leguminosas y la no leguminosa; se modifica respecto al valor del material vegetal (precio/plántula o estaca).

Tabla 11. Costos parciales de establecimiento y mantenimiento de los arbustos forrajeros durante el primer año de evaluación en los municipios de Restrepo y Yotoco

INVERSIÓN	ITEM	<i>C. calothyrsus</i>			<i>C. argentea</i>			<i>L. leucocephala</i>			<i>T. diversifolia</i>		
		Cantidad	v/r Unitario	v/r Total	Cantidad	v/r Unitario	v/r Total	Cantidad	v/r Unitario	v/r Total	Cantidad	v/r Unitario	v/r Total
Directos													
Material vegetal*	Unidad	1166	400	466400	1166	500	583000	1166	250	291500	1555	6	9330
Indirectos													
Aislamiento*				187100			187100			187100			187100
Ahoyado*	Jornal	12.3	12000	147600	12.3	12000	147600	12.3	12000	147600	12.3	12000	147600
Fertilizante ¹ *	Kg.	1111	100	111100	1111	100	111100	1111	100	111100	1111	100	111100
Transporte*		1166	100	116600	1166	100	116600	1166	100	116600	1555	40	62200
Siembra*	Jornal	2.6	12000	31200	2.6	12000	31200	2.6	12000	31200	0.7	12000	8400
Resiembra*	Jornal	0.2	12000	2400	0.2	12000	2400	0.2	12000	2400	0.3	12000	3600
Arrendamiento ² *	Mes	6	30000	180000	8	30000	240000	7	30000	210000	4	30000	120000
Arrendamiento ³ **	Mes	1.5	30000	45000	1.5	30000	45000	1.5	30000	45000	1.5	30000	45000
Plateo **	Jornal	9	12000	108000	9	12000	108000	9	12000	108000	9	12000	108000
Limpieza**	Jornal	10	12000	120000	10	12000	120000	10	12000	120000	10	12000	120000
Poda formación**	Jornal	1.3	12000	15600	1.3	12000	15600	1.3	12000	15600	1.3	12000	15600
Establecimiento*		\$ 1'242.400			\$ 1'419.000			\$ 1'097.500			\$ 649.330		
Mantenimiento**		\$ 288.600			\$ 288.600			\$ 288.600			\$ 288.600		
TOTAL		\$ 1'531.000^a			\$ 1'707.600^a			\$ 1'386.100^a			\$ 937.930^a		

¹ Gallinaza bulto de 40 Kg.

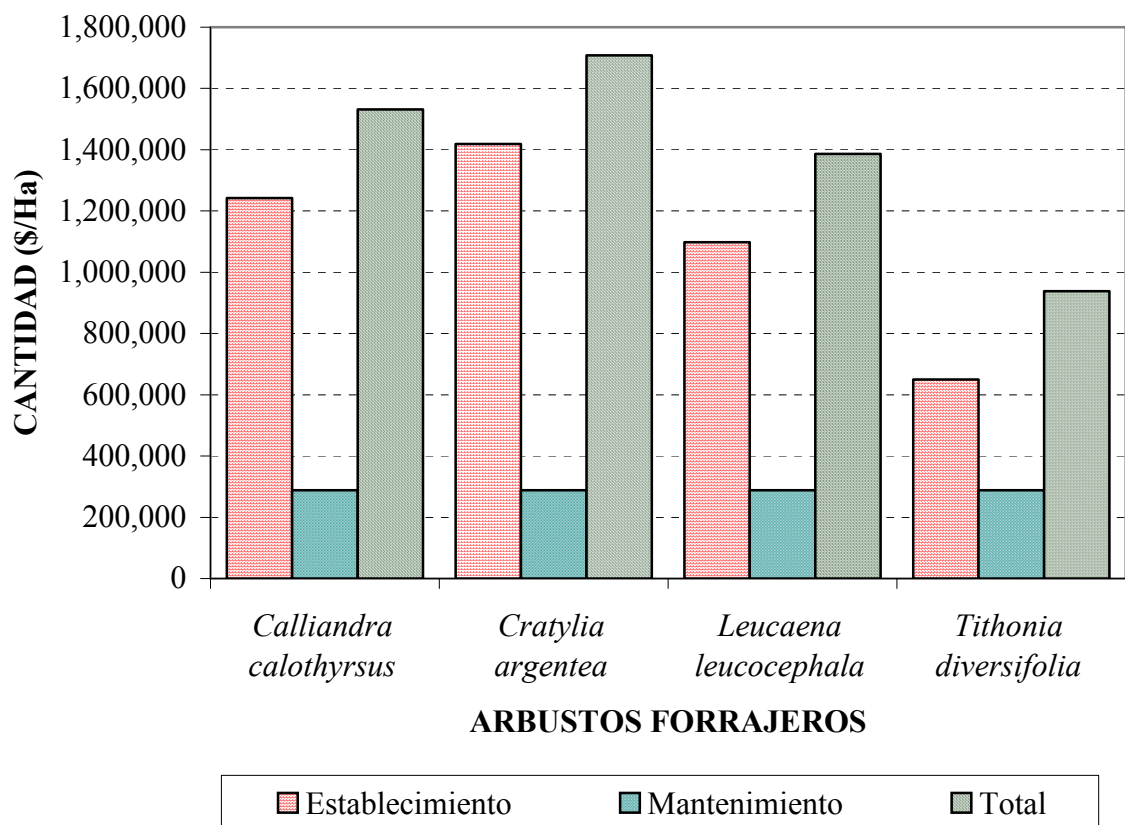
² Arrendamiento hasta el primer aprovechamiento.

³ Arrendamiento durante periodo de descanso (45 días / 3 periodos).

^a Valores dados en pesos colombianos y actualizados a Diciembre de 2003.

En la tabla anterior; se observa que el precio de una planta de *C. argentea* (\$ 500) y *C. calothyrsus* (\$ 400), es superior al de *L. leucocephala* (\$250). La anterior diferencia ocurre, por el valor comercial de la semilla y la facilidad de adquirirla en el mercado. *C. argentea* y *C. calothyrsus* por ser especies relativamente nuevas dentro de la diversidad de perennes forrajeras en Colombia, aún no son comercializadas por las empresas productoras de semillas forestales y la única institución que dispone de este material en el Valle del Cauca es el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); mientras que la semilla de *L. leucocephala* se comercializa en el mercado y se puede conseguir con facilidad en la región.

Figura 21. Costos parciales de la incorporación de arbustos forrajeros bajo un arreglo de pastura en callejones, durante el primer año.



El bajo precio por estaca de *T. diversifolia* (tabla 11); se debe a que es una especie local, se encuentra ampliamente distribuida en la zona de estudio, es fácilmente asequible y no tiene un valor comercial definido. Por eso; el precio estimado por estaca de *T. diversifolia* resultó de dividir el costo de un salario diario mínimo vigente (\$ 12000) entre la cantidad aproximada de estacas de 30 cm. que se pueden obtener (2000 unidades); con la condición de que en la zona exista suficiente material vegetal de este tipo.

Como se puede apreciar en la figura 22, los costos de establecimiento más elevados son los de la especie *C. argentea* (\$ 1'419.000/ha), seguido de *C. calothyrsus* (\$ 1'242.400/ha), *L. leucocephala*

(\$ 1'097.500/ha) y por último *T. diversifolia* (\$ 649.330/ha). No obstante estos valores pueden variar de una región a otra y su incremento o disminución dependerá entonces: del precio del material vegetal, la disponibilidad y acceso a éste, el costo de la mano de obra y los insumos necesarios para el establecimiento.

Los costos de algunas actividades de establecimiento y mantenimiento que requieren mano de obra, no representan una salida efectiva de dinero, porque generalmente en las fincas de pequeños productores la mano de obra no se contrata, sino que es exclusivamente familiar.

Lo anterior es corroborado por Villada y Restrepo⁸⁷, quienes afirman que la poca disponibilidad de capital proporciona una mayor importancia relativa a la mano de obra familiar por ser el recurso disponible y más económico.

3.4.2 Mantenimiento. se definió como costos de mantenimiento; al valor financiero de las actividades relacionadas con el ploteo, la limpieza, la poda de formación y el arrendamiento durante periodo de descanso; permitiendo en el caso de las dos primeras la disminución de la competencia interespecífica por espacio, agua, luz y nutrientes. Por su parte; la poda contribuye en mejorar la arquitectura de la planta y atenuar la degradación de la misma y el costo de arrendamiento en la recuperación potencial del forraje perdido durante aprovechamiento.

Se determinó que existe semejanza entre los costos de mantenimiento (\$ 288.600/ha/especie); la cual se debe a que este tipo de labores se realizaron con la misma frecuencia y el periodo entre aprovechamiento fue similar.

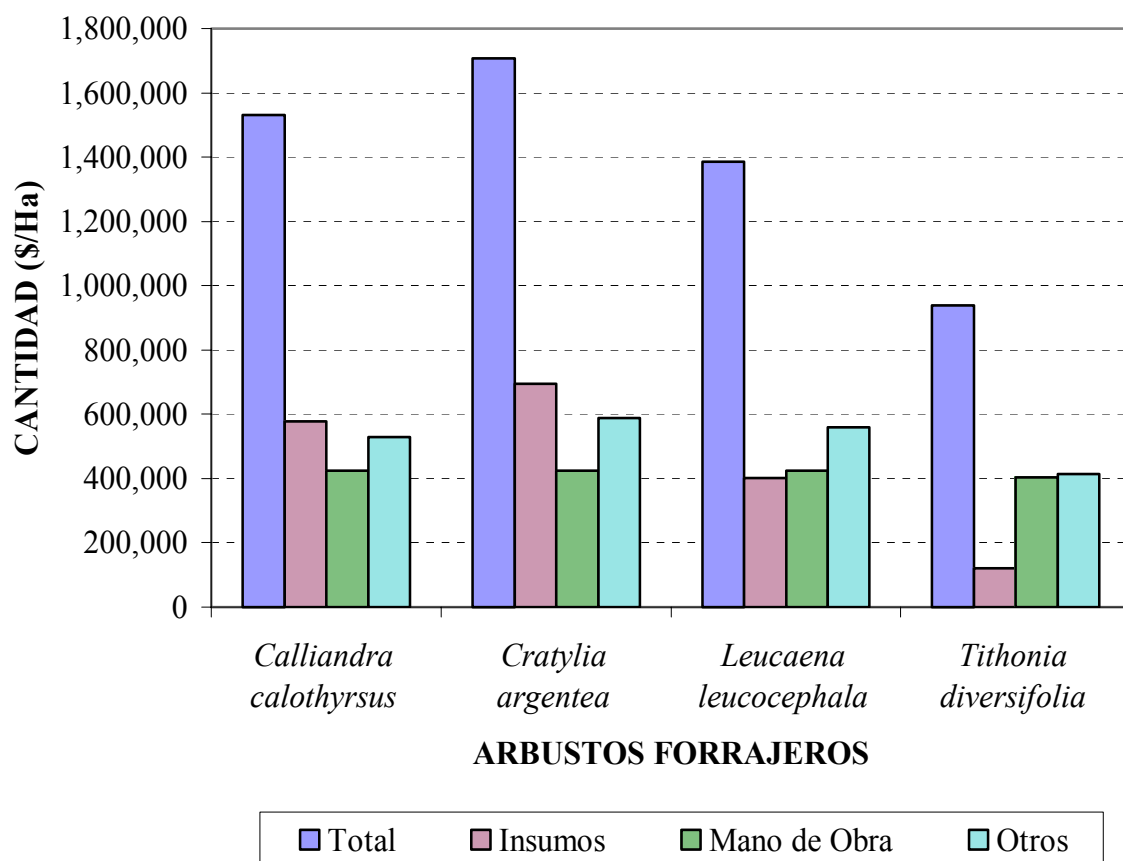
No se estipuló el costo de fertilización, como una actividad dentro del proceso de mantenimiento de los arbustos; porque durante el proceso de evaluación se buscó que las especies plantadas se adaptaran a las condiciones particulares de fertilidad de suelo de cada localidad. Esto se estipuló, porque los productores ganaderos de las localidades donde se llevó a cabo la evaluación, no realizan ningún tipo de fertilización de las praderas y tampoco cuentan con los recursos suficientes para realizarla. No obstante; el costo de esta actividad se debe estimar, cuando los recursos existentes permitan desarrollarla.

Tampoco se valoró como actividad de mantenimiento el control de plagas, debido a que algunos productores generalmente no adoptan alternativas que presenten este tipo de limitantes y además, porque el respectivo control actualmente se desarrolla desde diferentes alternativas de manejo (orgánico, químico o biológico) dependiendo de los recursos disponibles en la finca, el tipo de plaga y de la efectividad con que se desee realizar.

La figura 23, muestra la distribución de los costos de establecimiento y mantenimiento, durante el primer año bajo tres perspectivas diferentes (insumos, mano de obra y otros). Se definió como insumos: el valor del material vegetal (plántulas y estacas) y al valor del fertilizante utilizado en la siembra.

⁸⁷ VILLADA, Daniel y RESTREPO, José. Perfil socioeconómico de la región centro occidental del Valle del Cauca. Cali: FIDAR, 2003. p. 17.

Figura 22. Distribución de los costos parciales de establecimiento y mantenimiento de arbustos forrajeros durante el primer año, en un arreglo de pastura en callejones.



Con base a lo anterior; se puede asegurar que la mayor inversión de insumos se realizó en arbustos leguminosos propagados en vivero; mientras que para *T. diversifolia* fue inferior debido a que se estableció directamente en campo.

Por su parte; la mano de obra requerida correspondió a labores de ahoyado, siembra, resiembra, plateo, limpieza y poda. Como se observa en la figura 23, la inversión que se realizó en mano de obra es similar; ya que las actividades fueron comunes para las cuatro especies y se realizaron con la misma frecuencia durante el primer año.

Los costos del aislamiento, arrendamiento y transporte del material vegetal (otros), presentaron diferencias en las cuatro especies evaluadas. Sin embargo; esta inversión puede variar significativamente, ya que depende de las características de manejo de la finca ganadera (pastoreo continuo, rotacional o alterno), la presencia de división de potreros (cercado tradicional o cerca eléctrica), el periodo de crecimiento del arbusto hasta alcanzar la altura estipulada para el primer aprovechamiento y la ubicación del vivero de propagación y/o sitio de selección y/o obtención de estacas.

3. CONCLUSIONES

- Las especies evaluadas tienen un rápido crecimiento, característica muy importante cuando se utilizan árboles y/o arbustos en sistemas agroforestales y/o silvopastoriles.
- *T. diversifolia* fue la especie que mejor se adaptó a las condiciones prevalecientes de los municipios de Restrepo y Yotoco, con base en el crecimiento y diámetro basal logrados durante el periodo de evaluación.
- Las especies introducidas en las zonas de estudio encontraron limitantes para su normal desarrollo y potencial productivo: *C. calothyrsus* y *L. leucocephala* fueron susceptibles al ataque de hormigas y *C. argentea* a efectos de altitud.
- Se determinó que la capacidad de rebrote de *C. argentea* fue estadísticamente la de más bajo potencial; atribuida a efectos de altitud y al desarrollo logrado durante su establecimiento.
- El desarrollo de los rebrotes en cada localidad tuvo influencia en los rendimientos de fitomasa. Por eso, aquellas especies con los mejores rendimientos fueron consecuentemente las que alcanzaron el mayor número y longitud de rebrotes.
- En el primer aprovechamiento, se determinó que en las dos zonas de estudio *C. calothyrsus* y *T. diversifolia*; presentaron estadísticamente la mayor acumulación de fitomasa.
- En las dos localidades; el mejor rendimiento promedio de fitomasa, logrado en los tres aprovechamientos posteriores lo presentó *T. diversifolia* (917.58 Kg./ha y 1248.67 Kg./ha en Restrepo y Yotoco respectivamente).
- La estimación de costos parciales definió que la alternativa forrajera de mayor potencial es *T. diversifolia*; posiblemente, porque aún no se valora comercialmente y se encuentra ampliamente distribuida en las zonas de estudio.
- Se determinó que el mayor costo de establecimiento de arbustos leguminosos, lo representa el valor del material vegetal.
- La distribución espacial de los arbustos forrajeros bajo el arreglo de pastura en callejones, se adapta a las condiciones de los productores de la zona de ladera de Restrepo y Yotoco por la reducida mano de obra que se requiere para su aprovechamiento.

4. RECOMENDACIONES

- Bajo un arreglo de pastura en callejones, no se recomienda establecer diferentes especies forrajeras (arbustos) en el mismo espacio, porque su crecimiento y capacidad de rebrote es heterogénea.
- Realizar una evaluación financiera y económica de cada una de las alternativas forrajeras consideradas en la presente investigación.
- Determinar alternativas que permitan disminuir los costos de establecimiento de arbustos forrajeros, para su mayor adopción en el sistema de producción ganadero.
- Realizar trabajos de investigación, tendientes a mejorar el desarrollo y potencial productivo de los arbustos evaluados; utilizando para ello hormonas de crecimiento, micorrizas, enraizadores y un plan de fertilización.
- Establecer el grado de asociación árbol – pastura, árbol – suelo, árbol – animal y animal - pastura; con el propósito de conocer las relaciones de competencia o facilitación que se presenten.
- Realizar trabajos de investigación para determinar ventajas y/o desventajas de los sistemas de propagación (sexual y asexual), evaluando la persistencia y sobrevivencia de las especies.
- Debe evaluarse en detalle el desarrollo y la productividad de *T. diversifolia*, para determinar a largo plazo la sustentabilidad de la especie bajo el manejo propuesto.
- De acuerdo a la información obtenida en esta evaluación se podría considerar los siguientes usos agroforestales: *C. calothyrsus* como cercas vivas y/o barreras vivas; *C. argentea* y *L. leucocephala* en bancos de proteína; *T. diversifolia* en pastura en callejones.

BIBLIOGRAFIA

ARGEL, Pedro J. Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* en México y Centroamérica. En: PIZARRO, Esteban y CORADIN, Lidio. Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera. Brasilia: EMBRAPA – CENARGEN – CPAC – CIAT, 1995. p. 75 – 82.

ARGEL, Pedro y LASCANO, Carlos. *Cratylia argentea*: una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. [en línea]. [Roma, Italia]. FAO – CIAT, Jun. 1998 [citado 28 mar, 2003]. Disponible en internet: URL: <www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Lascan11.pdf>.

ARGEL, Pedro et al. Cultivar veraniega *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze: una leguminosa arbustiva para la ganadería de América Latina tropical. San José: Consorcio Tropileche – Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG), 2001. 26 p.

CARTON DE COLOMBIA. Datos de precipitación; estación pluviométrica Rancho Grande, periodo 1990 a 2000. En: MILLAN, John y ISAZA, Julián. Aplicación del modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool), para la evaluación del efecto de la cobertura del suelo sobre el comportamiento de la producción de caudales sólidos y líquidos en la subcuenca de la quebrada Aguamona, cuenca alta del río Dagua, Valle del Cauca, Colombia. Cali: Universidad del Valle – Universidad Nacional, 2002. p. 212 – 217.

----- . Datos de precipitación; estación pluviométrica Rancho Grande, periodo 2002 a 2003. Restrepo: Vivero forestal Rancho Grande, 2003.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA DEL VALLE DEL CAUCA. Cifras de Tierra y Vida. Cali: CVC, 1998. 125 p.

----- . Datos de precipitación; estación pluviométrica el Caney, periodo 2002 a 2003. Cali: Sistema de información y estadística climática, 2003.

FACT NET, WINROCK INTERNATIONAL (Estados Unidos). *Calliandra calothyrsus*: un descubrimiento para regiones tropicales húmedas. [online]. [Morrilton, EEUU]. Red de Información sobre Árboles para Bosques, Fincas y Comunidades, Jul. 1999 [cited 31 de Ene, 2003]. Disponible en internet: URL: <www.winrock.org/forestry/factpub/FACTSH/SPFACTS/Calliandractalot.pdf>.

FAO. Algunas aproximaciones a la definición de desarrollo sustentable. [en línea]. [Roma, Italia]. Mar, 1992. [Citado 8 abr, 2003]. Disponible en internet: URL: <www.geocities.com/Athens/Delphi/8644/tres.htm>.

FARIA, Jesús y MORILLO, David. Leucaena: cultivo y utilización en la ganadería bovina tropical. Maracaibo: Convenio de Cooperación Técnica CORPOZULIA, FONAIAP – LUZ (CORFONLUZ), 1997. 152 p.

FERREIRA, Deise y MEZQUITA Margarida. Acalicao Agronómica da *Cratylia argentea* na Zona da Mata de Minas Gerais. En: PIZARRO, Esteban y CORADIN, Lidio. Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera. Brasília: EMBRAPA – CENARGEN – CPAC – CIAT, 1995. p. 29 – 39.

FLORES, O. *et al.* Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. [en línea]. [Turrialba, Costa Rica]. CATIEV, Sep. 1998 [citado 4 Feb, 2003]. Disponible en internet: URL: <www.cipav.org.co/lrrd/lrrd10/1/cati101.htm >.

FRANCO, Marco *et al.* Calidad nutricional de *Cratylia argentea* como suplemento en el sistema de producción doble propósito en el trópico subhúmedo de Costa Rica. [en línea]. [Cali, Colombia]. CIPAV-CATIE, Oct. 1999 [citado 28 de mar, 2003]. Disponible en internet: URL: <www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Franco.htm>.

GONZÁLES, Ignacio y MÁRMOL, Jesús. Efecto de la fertilización sobre la tasa de crecimiento y producción de semilla en *Leucaena leucocephala*. [en línea]. [Maracaibo, Venezuela]. CORPOZULIA-Universidad de Zulia, jun. 2001 [citado 13 may, 2003]. Disponible en internet: URL: <http:www.zulia.infoagro.info.ve/INFORMACION%20/AGROPECUARI.pdf >.

IBRAHIM, Muhammad *et al.* Sistemas silvopastoriles en América Central: experiencias de CATIE. [En línea]. [Cali, Colombia]. CIPAV-CATIE, Oct. 1999 [Citado 27 May. 2003]. Disponible en internet: URL: <www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/IbrahimM.htm>.

LASCANO, Carlos *et al.* Cultivar veraniega *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze: leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con períodos prolongados de sequía en Colombia. Villavicencio: CORPOICA – CIAT, 2002. 28 p.

MAASS, Brigitte L. Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en Colombia. En: PIZARRO, Esteban y CORADIN, Lidio. Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera. Brasília: EMBRAPA – CENARGEN – CPAC – CIAT, 1995. p. 62 - 74.

MAHECHA, Liliana. Valor nutricional y utilización del botón de oro *Tithonia diversifolia* en la alimentación animal. En: SEMINARIO DE TRES ESPECIES VEGETALES PROMISORIAS PARA SISTEMAS SOSTENIBLES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. (1o.: 2002: Cali). Ponencias del Seminario Tres Especies Vegetales Promisorias para Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria: *Trichanthera gigantea*, *Tithonia diversifolia*, y *Alocasia macrorrhiza*. Cali: CVC – CIPAV, 2002. p. 1 – 6.

MONTAGNINI, Florencia *et al.* Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. San José: Organización para Estudios Tropicales (O.E.T), 1992. 622 p.

NAIR, Ramachandra. Agroforestería. Chapingo: Universidad Autónoma de Chapingo, 1997. 543 p.

PALMER, B.; MACQUEEN, D. y GUTTERIDGE, Ross. *Calliandra calothyrsus*: a multipurpose tree legume for humid locations. En: GUTTERIDGE, Ross and SHELTON, Max. Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. Queensland: Department of Agriculture The University of Queensland, 1994. p. 65 – 74.

PEZO, Danilo e IBRAHIM, Muhamad. Sistemas silvopastoriles; módulo de enseñanza agroforestal N° 2. Turrialba: CATIE – GTZ, 1999. 275 p.

PIZARRO, Esteban; CARVALHO, Marcelo y RAMOS, Allan. Introducción y Evaluación de Leguminosas Forrajeras en el Cerrado Brasileño. En: PIZARRO, Esteban y CORADIN, Lidio. Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera. Brasilia: EMBRAPA – CENARGEN – CPAC – CIAT, 1995. p. 40 - 49.

RIOS, Clara. Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. En: CIPAV. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en la alimentación animal como fuente proteica. Cali: COLCIENCIAS – CIPAV, 1997. p. 115 – 126.

-----. Guía para el cultivo y aprovechamiento del botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Bogotá: Convenio Andrés Bello, 2002. 41 p. (Serie Ciencia y Tecnología; no 104).

-----. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. [en línea] [Roma, Italia]. CIPAV-FAO, Jun. 1998 [citado 4 de Feb, 2003]. Disponible en internet: URL: <<http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Rios14.pdf>>

RÍOS, Clara y SALAZAR, Amparo. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una fuente proteica alternativa para el trópico. [en línea]. [Cali, Colombia]. CIPAV-IMCA, oct. 1995 [citado 13 de may, 2003]. Disponible en internet: URL: <<http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/lrrd/lrrd6/3/9.htm>>.

RUÍZ, T. E. *et al.* La experiencia cubana en la agronomía y manejo de *Leucaena leucocephala*. [en línea]. [Cali, Colombia]. ICA (Cuba)-CIPAV, Sept. 1998 [citado 7 de May, 2003]. Disponible en internet: URL: <www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/RuizTE2.htm>.

SALAZAR, Ángela y PÉREZ, Jorge. Selección de árboles multipropósito para cultivo en callejones: Evaluación y manejo. En: INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y PROMOCIÓN AGROPECUARIA. Informe anual. Yarimagua: INIPA, 1987. p. 244 – 248.

SÁNCHEZ, Manuel. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. [en línea]. [Roma, Italia]. FAO, Sept. 1998. [Citado 8 mar, 2003]. Disponibl en internet: URL : <www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Sanchez1.htm>.

SHELTON, H. y BREWBAKER, J. 1994. *Leucaena leucocephala*: The most widely used forage tree legume. En: GUTTERIDGE, Ross and SHELTON, Max. Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. Queensland: Department of Agriculture The University of Queensland. p. 15 – 30.

TOKURA, Yuji *et al.* Especies forestales del Valle del Cauca. Cali: Lerner, 1996. p. 187.

VALLE. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y PESCA. Información estadística de los municipios del Valle del Cauca. Cali: Sistema de Información, 2002.

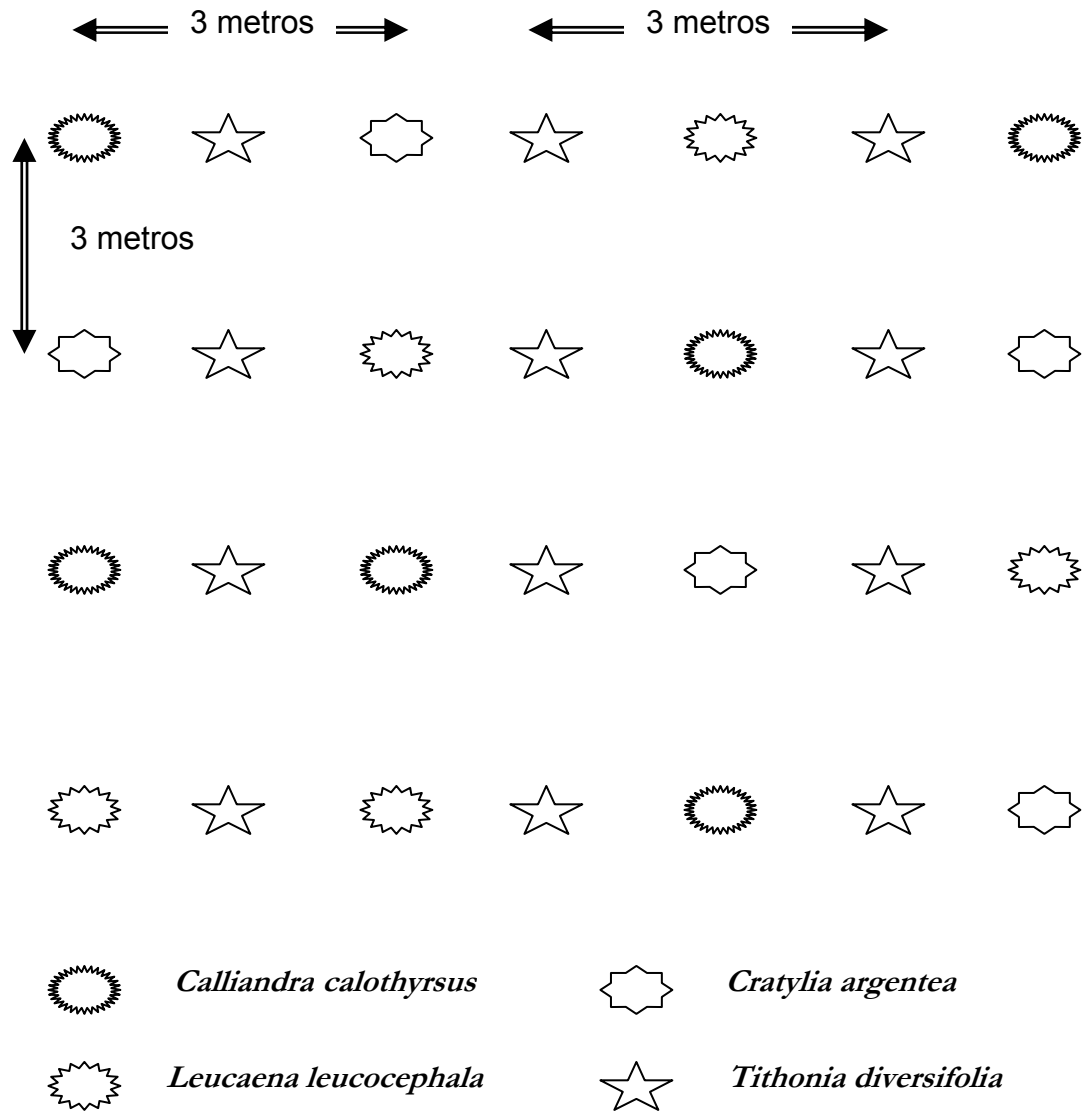
VILLADA, Daniel y RESTREPO, José. Perfil socioeconómico de la región centro occidental del Valle del Cauca. Cali: FIDAR, 2003. 56 p.

ANEXOS

ANEXO A .. Localización de la zona de estudio



ANEXO B . Mapa de campo.



ANEXO C . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan del número de rebrotes generados por los arbustos forrajeros en el municipio de Restrepo.

a. Cuadro de promedios del número de rebrotes.

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	17,5	9,2	20,3	21,9
II	20,1	3,7	16,0	15,2
III	17,5	4,1	18,5	23,6
Promedio	18,4	5,7	18,3	20,2

b. Análisis de varianza del número promedio de rebrotes.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	404,7	134,9	14,97	4,07* 7,59**
Error	8	72,09	9,01		
Total	11	476,79			

C.V. = 19,18

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. (P < 0.05)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. (P < 0.01)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T1	T4
T4	14,6*	2,0 n.s.	1,9 n.s.	
T1	12,7*	0,1 n.s.		
T3	12,6*			
T2				

* Diferencia significativa (P < 0.05).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO D . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan del número de rebrotes generados por los arbustos forrajeros en el municipio de Yotoco.

a. Cuadro de promedios del número de rebrotes.

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	18,5	4,8	15,1	24,1
II	14,8	2,9	13,4	22,6
III	24,2	6,4	17,0	24,3
Promedio	19,2	4,7	15,2	23,7

b. Análisis de varianza del número promedio de rebrotes.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	624,05	208,02	66,19	4,07* 7,59**
Error	8	25,14	3,14		
Total	11	649,19			

C.V. = 11,29

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.05$)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.01$)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T1	T4
T4	19,0*	8,5*	4,5*	
T1	14,5*	4,0*		
T3	10,5*			
T2				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO E . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la longitud de los rebrotes generados por los arbustos forrajeros en el municipio de Restrepo.

a. Cuadro de promedios de la longitud de los rebrotes.

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	39,7	24,6	24,6	73,9
II	42,4	19,6	20,8	48,6
III	33,6	20,4	25,6	70,3
Promedio	38,6	21,5	23,7	64,3

b. Análisis de varianza de la longitud promedio de rebrotes.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	3488,76	1162,92	21,02	4,07* 7,59**
Error	8	442,55	55,32		
Total	11	3931,31			

C.V. = 20

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.05$)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.01$)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T1	T4
T4	42,7*	40,6*	25,7*	
T1	17,0*	14,9*		
T3	2,1 n.s.			
T2				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO F . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la longitud de los rebrotes generados por los arbustos forrajeros en el municipio de Yotoco.

a. Cuadro de promedios de la longitud de los rebrotes.

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	65,6	42,9	48,6	74,4
II	53,7	26,9	36,4	70,7
III	69,3	37,4	55,2	81,3
Promedio	62,8	35,8	46,7	75,5

b. Análisis de varianza de la longitud promedio de rebrotes.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	2755,54	918,51	14,54	4,07* 7,59**
Error	8	505,44	63,18		
Total	11	3260,98			

C.V. = 14,4

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.05$)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.01$)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T1	T4
T4	39,7*	28,7*	12,6 n.s.	
T1	27,1*	16,1*		
T3	11,0 n.s.			
T2				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO G . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa total (primer aprovechamiento) en el municipio de Restrepo.

a. Cuadro de promedios de la producción de fitomasa total (Kg./ha).

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	561,05	203,4	113,32	572,62
II	746,75	65,03	263,32	292,04
III	342,2	74,86	280	645,18
Promedio	550,00	114,43	218,88	503,28

b. Análisis de varianza para producción de fitomasa total.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	408406,44	136135,48	6,04	4,07* 7,59**
Error	8	180354,78	22544,35		
Total	11	588761,22			

C.V.= 43,3

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. (P < 0.05)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. (P < 0.01)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T4	T1
T1	435,57*	331,12*	46,72 n.s.	
T4	388,85*	284,40*		
T3	104,45 n.s.			
T2				

* Diferencia significativa (P < 0.05).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO H . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa total (primer aprovechamiento) en el municipio de Yotoco.

a. Cuadro de promedios de la producción de fitomasa total (Kg./ha).

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	944,35	336,72	704,37	749,95
II	822,14	164,65	544,36	692,15
III	953,23	398,63	724,37	848,8
Promedio	906,57	300,00	657,70	763,63

b. Análisis de varianza para producción de fitomasa total.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	603321,01	201107,00	22,30	4,07* 7,59**
Error	8	72148,16	9018,52		
Total	11	675469,17			

C.V. = 14,4

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.05$)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.01$)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T4	T1
T1	606,57*	248,87*	142,94n.s.	
T4	463,63*	105,93 n.s.		
T3	357,70*			
T2				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO I . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa comestible (primer aprovechamiento) en el municipio de Restrepo.

a. Cuadro de promedios de la producción de fitomasa comestible (Kg./ha).

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	401,02	143,91	103,32	468,3
II	538,83	61,32	207,11	238,1
III	243,35	68,07	222,85	536,8
Promedio	394,40	91,10	177,76	414,40

b. Análisis de varianza para producción de fitomasa comestible.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	230516,34	76838,78	5,84	4,07* 7,59**
Error	8	105330,581	13166,32		
Total	11	335846,92			

C.V. = 42,6

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.05$)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.01$)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T1	T4
T4	323,30*	236,64*	20,00 n.s.	
T1	303,30*	216,64*		
T3	86,66 n.s.			
T2				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO J . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa comestible (primer aprovechamiento) en el municipio de Yotoco.

a. Cuadro de promedios de la producción de fitomasa comestible (Kg./ha).

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	726,6	295,09	545,03	588,83
II	677,71	136,75	510,58	516,61
III	715,48	358,06	564,39	688,82
Promedio	706,60	263,30	540,00	598,09

b. Análisis de varianza para producción de fitomasa comestible.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	321044,90	107014,97	19,56	4,07* 7,59**
Error	8	43760,83	5470,10		
Total	11	364805,73			

C.V. = 14

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.05$)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.01$)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T4	T1
T1	443,30*	166,60*	108,51 n.s.	
T4	334,79*	58,09 n.s.		
T3	276,70*			
T2				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO K . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa no comestible (primer aprovechamiento) en el municipio de Restrepo.

a. Cuadro de promedios de la producción de fitomasa no comestible (Kg./ha).

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	160,03	59,49	10	104,32
II	207,92	3,71	56,21	53,94
III	98,85	6,79	57,15	108,38
Promedio	155,60	23,33	41,12	88,88

b. Análisis de varianza para producción de fitomasa no comestible.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	31460,16	10486,72	7,47	4,07* 7,59**
Error	8	11236,20	1404,53		
Total	11	42696,37			

C.V. = 51,9

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. (P < 0.05)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. (P < 0.01)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T4	T1
T1	132,27*	114,48*	66,72 n.s.	
T4	65,55 n.s.	47,76 n.s.		
T3	17,79 n.s.			
T2				

* Diferencia significativa (P < 0.05).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO L . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa no comestible (primer aprovechamiento) en el municipio de Yotoco.

a. Cuadro de promedios de la producción de fitomasa no comestible (Kg./ha).

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	217,75	41,63	159,34	161,09
II	144,43	27,9	33,78	175,53
III	237,75	40,57	159,98	159,98
Promedio	199,98	36,70	117,70	165,53

b. Análisis de varianza para producción de fitomasa no comestible.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	45046,59	15015,53	7,67	4,07* 7,59**
Error	8	15659,44	1957,43		
Total	11	60706,03			

C.V. = 34

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. (P < 0.05)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. (P < 0.01)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T4	T1
T1	163,28*	82,28 n.s.	34,44 n.s.	
T4	128,83*	47,83 n.s.		
T3	81,00 n.s.			
T2				

* Diferencia significativa (P < 0.05).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO M . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa total (aprovechamientos posteriores) en el municipio de Restrepo.

a. Cuadro de promedios de la producción de fitomasa total (Kg./ha).

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	393,40	128,97	156,45	1127,25
II	484,47	44,88	127,53	467,08
III	375,12	74,52	163,45	1158,41
Promedio	417,66	82,79	149,14	917,58

b. Análisis de varianza para producción de fitomasa total.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	1294450,76	431483,59	10,92	4,07* 7,59**
Error	8	316132,21	39516,53		
Total	11	1610582,97			

C.V. = 50,7

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. (P < 0.05)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. (P < 0.01)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T1	T4
T4	834,79*	768,44*	499,92*	
T1	334,87 n.s.	268,52 n.s.		
T3	66,35 n.s.			
T2				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO N . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa total (aprovechamientos posteriores) en el municipio de Yotoco.

a. Cuadro de promedios de la producción de fitomasa total (Kg./ha).

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	860,44	268,42	612,76	1268,28
II	691,21	111,00	502,54	1065,65
III	896,03	299,28	680,84	1412,08
Promedio	815,89	226,23	598,71	1248,67

b. Análisis de varianza para producción de fitomasa total.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	1641535,78	547178,59	36,14	4,07* 7,59**
Error	8	121120	15139,94		
Total	11	1762655,31			

C.V. = 17

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.05$)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.01$)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T1	T4
T4	1022,43*	649,96*	432,78*	
T1	589,66*	217,18 n.s.		
T3	372,48*			
T2				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO O . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa comestible (aprovechamientos posteriores) en el municipio de Restrepo.

a. Cuadro de promedios de la producción de fitomasa comestible (Kg./ha).

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	332,31	119,01	140,41	911,84
II	402,96	39,82	118,65	325,48
III	315,19	68,80	148,23	921,72
Promedio	350,16	75,88	135,76	719,68

b. Análisis de varianza para producción de fitomasa comestible.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	762575,57	254191,86	8,43	4,07* 7,59**
Error	8	241149,94	30143,74		
Total	11	1003725,51			

C.V. = 54,2

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. (P < 0.05)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. (P < 0.01)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T1	T4
T4	643,80*	583,92*	369,52*	
T1	274,28 n.s.	214,39 n.s.		
T3	59,89 n.s.			
T2				

* Diferencia significativa (P < 0.05).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO P . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa comestible (aprovechamientos posteriores) en el municipio de Yotoco.

a. Cuadro de promedios de la producción de fitomasa comestible (Kg./ha).

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	712,06	225,20	536,16	971,86
II	595,30	94,35	440,56	806,89
III	719,45	262,37	583,61	1058,80
Promedio	675,60	193,97	520,11	945,85

b. Análisis de varianza para producción de fitomasa comestible.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	886595,00	295531,67	34,44	4,07* 7,59**
Error	8	68641	8580,10		
Total	11	955235,77			

C.V. = 15,9

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.05$)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.01$)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T1	T4
T4	751,88*	425,74*	270,25*	
T1	481,63*	155,49 n.s.		
T3	326,14*			
T2				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO Q . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa no comestible (aprovechamientos posteriores) en el municipio de Restrepo.

a. Cuadro de promedios de la producción de fitomasa no comestible (Kg./ha).

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	61,08	9,95	16,03	215,41
II	81,51	5,06	8,88	141,60
III	59,93	5,72	15,22	236,69
Promedio	67,51	6,91	13,38	197,90

b. Análisis de varianza para producción de fitomasa no comestible.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	70627,59	23542,53	35,40	4,07* 7,59**
Error	8	5320,05	665,01		
Total	11	75947,63			

C.V. = 36,1

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.05$)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.01$)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T1	T4
T4	190,99*	184,52*	130,39*	
T1	60,59*	54,13*		
T3	6,47 n.s.			
T2				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

n.s. Diferencia no significativa.

ANEXO R . Cuadro de promedios, análisis de varianza y cuadro de comparación Duncan de la variable producción de fitomasa no comestible (aprovechamientos posteriores) en el municipio de Yotoco.

a. Cuadro de promedios de la producción de fitomasa no comestible (Kg./ha).

Repetición/Tratamiento	T1	T2	T3	T4
I	148,38	43,23	76,59	296,41
II	95,91	16,65	61,99	258,75
III	176,58	36,91	97,22	353,27
Promedio	140,29	32,26	78,60	302,81

b. Análisis de varianza para producción de fitomasa no comestible.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	3	125629,24	41876,41	37,67	4,07* 7,59**
Error	8	8893	1111,59		
Total	11	134521,92			

C.V. = 24,1

* Diferencias significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.05$)

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos si F.C. mayor que F.T. ($P < 0.01$)

c. Cuadro de comparación de Duncan.

Tratamiento/Tratamiento	T2	T3	T1	T4
T4	270,55*	224,21*	162,52*	
T1	108,03*	61,69 n.s.		
T3	46,34 n.s.			
T2				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

n.s. Diferencia no significativa.