

UN-A-CH
BIBLIOTECA CENTRAL UNIVERSITARIA

Universidad Autónoma de Chiapas

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Campus II



Maestría en Ciencias en Producción Animal Sustentable

TESIS

**Crecimiento y estacionalidad del rendimiento de *Andropogon gayanus*
Kunth CIAT 621 en vertisoles de la Región Central de Chiapas.**

Presenta:

MVZ. Adrián Polidoro Moguel Hernández

Directora de Tesis

Dra. María Eugenia Velasco Zebadúa

Asesores:

PhD. Raúl Andrés Perezgrovas Garza

M.C. Laura Martínez Figueroa



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

Marzo de 2010.

4 DE MARZO DE 2010.

M.C. CARLOS TEJEDA CRUZ.
COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
PRESENTE.

Después de haber revisado cuidadosamente el borrador de la Tesis titulada: “Crecimiento y estacionalidad del rendimiento de *Andropogon gayanus* CIAT 621 en vertisoles de la región Central de Chiapas”, que como prueba escrita para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Animal Sustentable en el Área de Ganadería presenta el C. Adrián Polidoro Moguel Hernández, le informamos que el trabajo presentado reúne los requisitos académicos necesarios y damos nuestro VOTO APROBATORIO para su impresión.

DRA. MARIA EUGENIA VELASCO ZEBADUA.

PhD. RAUL ANDRES PEREZGROVAS GARZA.

MTA. LAURA MARTINEZ FIGUEROA.

DRA. GABRIELA AGUILAR TIPACAMU.

BIOL. MC. FRANCISCO RODRÍGUEZ GALLEGOS.

DEDICATORIAS

A Dios

Por hacer realidad uno de mis grandes sueños.

A mis padres

Romeo Polidoro Moguel Rivera y Cleopatra Hernández Moguel, por el amor y apoyo que siempre me han dado, por haberme forjado un hombre de bien.

A mi esposa

Rosalía Emperatriz por el amor, la confianza y por todo el apoyo que me has dado, para realizar juntos hoy una meta más de nuestro proyecto de vida.

A mis hijas

Mónica, Sofía y Paulina por ser la inspiración y razón de mi existencia.

A mis hermanos

María Teresa, Adriana Margarita y Armando por el apoyo que siempre he recibido de ustedes.

A mis cuñados Guillermo Montesinos, Jaime Miguel Del Pino; Adrián, Rafael, Javier y Delfina Méndez por contar siempre con su apoyo.

A mis suegros, concuños, Tíos, Primos y Sobrinos, por su cariño y comprensión que he recibido desde siempre.

A mis abuelitos (Q.E.P.D) que donde quiera que estén, me envían sus bendiciones.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Chiapas, especialmente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por darme las herramientas para afrontar la vida.

Con mucho respeto y admiración a la Dra. María Eugenia Velasco Zebadúa, por su apoyo ilimitado para la culminación de mis estudios de posgrado. Gracias.

A mis asesores de Tesis M.C.E. Laura Martínez Figueroa y PhD. Raúl A. Perezgrovas Garza, por sus acertadas correcciones y observaciones que hicieron posible la culminación de esta Tesis.

Al Ing. Primitivo Clemente Sánchez, propietario del rancho Yeccan, por habernos dado todas las facilidades y el acceso a las instalaciones y praderas de su explotación, para la realización de esta investigación.

A los estudiantes becados del proyecto: Orfanel Gómez Hernández y Luis Alberto Cruz Cruz, al tesista Marco Vinicio Clemente Parra y al Sr. José Pérez Díaz, por su insustituible apoyo en la etapa experimental de campo de esta investigación.

A la MVZ Ana Cecilia Pérez Domínguez por su valioso apoyo en diferentes etapas de este estudio.

Al MVZ. MC. Luis Alberto Gutiérrez Mandujano y a su apreciable familia, por brindarme su amistad, su apoyo incondicional y por los momentos que hemos compartido.

La presente investigación fue realizada con el financiamiento del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública, que apoyó el proyecto:

“Dinámica de Crecimiento y Acumulación Estacional de Pastos Nativos y Cultivares Mejorados en el Estado de Chiapas”.

Clave: UNACH - 04

CONTENIDO

Página

Índice de Figuras	ix
Índice de Cuadros.....	xi
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Las gramíneas, clasificación y distribució.....	3
2.1.1 Clasificación de las gramíneas mexicanas.	5
2.1.2 Importancia económica y distribución geográfica de los pastos tropicales....	6
2.2 El pasto <i>Andropogon gayanus</i> Kunth	9
2.2.1 Taxonomía.....	9
2.2.2 Descripción.....	10
2.3 <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621	11
2.3.1 Origen y distribución	11
2.3.2 Características generales	13

2.3.3 Adaptación y manejo agronómico	14
2.3.4 Producción de forraje y calidad nutritiva	17
2.4 El crecimiento de los pastos	23
2.4.1 Factores que determinan el crecimiento de los pastos	29
2.4.2 Estacionalidad del crecimiento de los pastos	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1 Localización del área de estudio	35
3.2 Manejo de la pradera	36
3.2.1 Tratamientos y diseño experimental	36
3.2.2 Conducción del experimento	38
3.2.3 Variables a evaluar	38
3.2.3.1 Altura de plantas	38
3.2.3.2 Acumulación de forraje	41
3.2.3.3 Componentes morfológicos de rendimiento	41
3.2.3.4 Índice de área foliar	41
3.2.3.5 Tasa de crecimiento (TC)	42
3.2.3.6 Relación hoja:tallo y hoja:no hoja	42

3.2.3.7 Composición botánica	42
3.3 Análisis estadístico	42
3.4 Registro climatológico en el área de estudio	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	46
4.1 Propiedades físico-químicas del suelo en el sitio experimental.....	46
4.2 Altura de plantas	49
4.3 Acumulación de forraje y composición morfológica de rendimiento	53
4.4 Índice de área foliar (IAF)	56
4.5 Tasa de crecimiento (TC)	66
4.6 Relación hoja:tallo y hoja:no hoja	69
4.7 Composición botánica	74
V. CONCLUSIONES.....	77
VI. LITERATURA CITADA	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Localización del área de estudio.....	37
2. Distribución de tratamientos para estudiar el crecimiento y estacionalidad de <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote (2003 - 2004)	39
3. Conducción del experimento en la pradera de <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621 y proceso de muestras en laboratorio, durante cuatro ciclos de rebrote (2003-2004). 40	
4. Comportamiento de la pradera de <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621 en los rebrotes 1 (Primavera), 2 (Verano), 3 (Otoño) y 4 (Invierno)	45
5. Altura de <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote (2003 - 2004).....	50
6. Relación de Materia seca total y altura del pasto <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote (2003 - 2004)	51
7. Relación Materia seca de hojas verdes y altura del pasto Llanero <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote, en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004)	52
8. Composición morfológica (a) e IAF (b) de <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621, durante el rebrote 1 en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004)	59
9. Composición morfológica (a) e IAF (b) de <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621, durante el rebrote 2 en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).....	60
10. Composición morfológica (a) e IAF (b) de <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621, durante el rebrote 3 en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).....	61

11. Composición morfológica (a) e IAF (b) de <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621, durante el rebrote 4 en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).....	62
12. Acumulación de materia seca total y por componente morfológico del pasto Llanero <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote, en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).....	63
13. Relación Materia seca total e índice de área foliar del pasto Llanero <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote, en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004)	64
14. Relación Materia seca de hojas verdes e índice de área foliar del pasto Llanero <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote, en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004)	65
15. Fluctuación en la tasa de crecimiento (TC) de <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621, durante cuatro ciclos de rebrote en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004)	68
16. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja del pasto Llanero <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote, en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004)	73
17. Composición botánica de la pradera de <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote en la región central de Chiapas (2003 - 2004).....	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Gramínea tropical liberada como cultivar comercial en diferentes Países.....	12
2. Factores climatológicos [†] en la estación “Puente colgante” en Chiapa de Corzo, Chiapas durante los periodos de rebrote (2003 - 2004)	44
3. Características físico-químicas del suelo en el área de estudio.....	48
4. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja del pasto <i>A. gayanus</i> Kunth CIAT 621 durante los cuatro periodos de rebrote (2003 - 2004).....	72

RESUMEN

El pasto llanero *A. gayanus* Kunth CIAT 621 está ampliamente distribuido en las Regiones Centro y Costa de Chiapas donde ha demostrado capacidad para establecerse y producir forraje tanto en suelos pobres como fértiles y actualmente se utiliza en las explotaciones de ganado bovino productoras de carne y leche de estas regiones bajo corte y pastoreo. Sin embargo, el manejo de su cosecha es variable y sujeto a las condiciones de cada explotación sin considerar la fisiología del pasto, el que permanece por largo tiempo en las praderas sin ser utilizado y perdiendo calidad; en atención al problema que representa el manejo de la cosecha de este pasto en Chiapas, se efectuó un estudio para definir su momento óptimo de cosecha en el año. La investigación se condujo en el Rancho "Yeccan" Municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, dedicado a la producción de leche con base a pasto Llanero y Tanzania bajo corte y pastoreo. Se dispuso de 45 parcelas de 3 x 3 m en las que se distribuyeron nueve tratamientos en un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones; los tratamientos fueron cortes sucesivos cada diez días, durante cuatro ciclos de rebrote de 80 días, evaluados en los meses que corresponden a las cuatro estaciones del año. Al inicio de cada ciclo, se aplicó un corte de uniformización a una altura de 5 cm, se evaluó el primer tratamiento (forraje residual) 3 como el resto de tratamientos por corte de un cuadrante de 0.64 m² por parcela a ras de suelo. En cada ciclo de rebrote, se evaluaron: Acumulación de forraje, tasa de crecimiento (TC), composición morfológica, botánica y relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja e índice de área foliar. Los datos se analizaron estadísticamente con los procedimientos Mixed y GLM de SAS. La acumulación de forraje fue notablemente mayor ($P < 0.05$) en el ciclo de rebrote 2 (Verano), cuando la TC aumentó rápidamente después del corte inicial hasta alcanzar un nivel máximo que coincidió con la mayor cantidad de materia seca de hojas verdes ($P < 0.05$), el aumento posterior en la acumulación de forraje se debió al incremento progresivo en tallos y material muerto, ya que la materia seca de hojas se estabilizó y declinó con la floración. Un comportamiento similar se registró en los demás ciclos estudiados. La TC alrededor de los 45 días en el ciclo de rebrote que correspondió al Verano fue de 200 kg de materia seca ha⁻¹ día⁻¹ y superó a la obtenida en los rebrotes 3 (Otoño), 1 (Primavera) y 4 (Invierno) en 52, 69 y 87 %, respectivamente. Los resultados sugieren que en condiciones similares, para obtener una máxima producción y calidad de forraje, la cosecha por corte o pastoreo del Llanero debe efectuarse a partir de los 45 días.

I. INTRODUCCIÓN

En México se estima que la ganadería se desarrolla en aproximadamente 110 millones de ha que representan el 60 % de la superficie Nacional. En ella un gran numero utilizan el sistema de pastoreo extensivo, donde el índice de agostadero alcanza 25 ha cabeza en las regiones áridas y semiáridas. Aunado a esto, el uso de prácticas inadecuadas de manejo representa un problema de erosión y reducción del nivel de los mantos freáticos.

En 2003 el 55 % de la superficie del País era destinada a la producción de especies como los bovinos, ovinos, caprinos, porcinos, equinos, aves, conejos y abejas. En este sector, como en otros, existe alta polarización en los sistemas de producción, desde unidades altamente tecnificadas, orientadas principalmente a la exportación, hasta aquellas con bajo nivel tecnológico y sistemas extensivos de explotación en agostadero.

La producción en pastoreo de zonas tropicales donde predominan los sistemas extensivos enfrenta el reto de aumentar la productividad de carne y leche para satisfacer una demanda creciente, sin degradar la base productiva de los mismos; es decir, los suelos, el agua y otros recursos naturales. Este reto toma importancia considerando que la baja productividad de la ganadería bovina en América tropical, esta influenciada por condiciones ambientales adversas, inundaciones recurrentes, sequías prolongadas (6 - 8 meses), ubicación de la ganadería en zonas marginales con suelos ácidos infértiles, la presencia recurrente de plagas y enfermedades en los pastos, factores genéticos del ganado, como bajo potencial de crecimiento y producción de leche y sobre todo, factores alimenticios relacionados con la estacionalidad en la producción y baja calidad del forraje utilizado. A lo anterior, se suma la diversidad de sistemas de producción ganaderos y el denominador común que se relaciona a la falta de prácticas de manejo apropiadas que permitan a los productores la utilización eficiente de los recursos forrajeros disponibles. Al respecto, se conoce que actualmente la producción en pastoreo en esta región del País, apenas alcanza una cuarta parte de lo que en iguales condiciones se produce en el trópico de Florida y un tercio de la de Australia.

La Región Central de Chiapas tipificada como trópico cálido subhúmedo, se caracteriza por su baja precipitación pluvial, la época de estiaje que se extiende a aproximadamente a 6 meses que limita el desarrollo eficiente de los pastos y por consecuencia la producción de las explotaciones ganaderas, que en su mayoría tienen ganado de doble propósito, destinado a la producción de leche y venta de becerros al destete. Por lo que, para contrarrestar estas condiciones adversas, el Gobierno Federal y del Estado han destinado subsidios para la adquisición de semillas para el establecimiento de praderas inducidas, entre las que destaca el establecimiento de grandes extensiones del pasto *A. gayanus* Kunth CIAT 621, recomendado por su capacidad de adaptación a terrenos de baja fertilidad y resistencia a la sequía. El manejo de praderas es considerado como una ciencia y un arte, pues en él se involucran conocimientos científicos, experiencia y dominio de técnicas relacionadas con la tasa de crecimiento, frecuencia, intensidad y oportunidad de la cosecha entre otros factores edafoclimáticos que es necesario considerar hacia una productividad anual sustentable. Sin embargo, el manejo empírico de la cosecha (mecánica o por pastoreo) que aplican los productores casi siempre los ha conducido al fracaso y no ha permitido que el pasto exprese todo su potencial productivo, ya que bajo ninguna circunstancia consideran la variación en la fisiología del pasto durante las diferentes estaciones del año y en consecuencia, la calidad del forraje cosechado es inadecuado para mantener la productividad animal y sólo propicia el sobre pastoreo con repercusiones ampliamente consabidos.

1.1 Objetivo general

El objetivo del presente estudio fue determinar el crecimiento y estacionalidad del rendimiento de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 en vertisoles de la Región Central de Chiapas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Las gramíneas, clasificación y distribución

De acuerdo a Enríquez *et al.* (1999), se estima que el 20 % de la superficie vegetal del planeta esta cubierta por gramíneas. Los países ricos han cultivado nuevas plantas para forrajes y han transferido nuevas especies y variedades a países en desarrollo. Los métodos de establecimiento, manejo y producción de semilla han avanzado notablemente lo cual ha permitido que los fitotecnistas produzcan nuevas variedades, cultivares superiores y el desarrollo de otros tipos de pastos por hibridación.

La familia de las gramíneas (*Gramineae* o *Poaceae*) es extensa y se estima que a nivel mundial registra un poco más de 700 géneros y alrededor de 10,000 especies (Clayton y Renvoize, 1986; Valdez *et al.*, 1995). Éstas a su vez están incluidas en unas 60 tribus y en aproximadamente 2 a 12 subfamilias o grupos de tribus dependiendo del punto de vista de quienes trabajan en la clasificación. De esta clasificación, los pastos de las subfamilias *Pooideae*, *Chloridoideae* y *Panicoideae* son de particular interés, ya que incluyen todos los pastos cultivables y un amplio numero de pastos silvestres de gran valor; la subfamilia *Pooideae* incluye pastos de zonas templadas, la *Panicoideae* pastos tropicales y subtropicales y la subfamilia *Chloridoideae* algunos pastos tropicales cultivables y un gran número de pastos silvestres de apreciable valor de los trópicos y de otras áreas cálidas de Norteamérica (Bodgan, 1997).

Desde el punto de vista ecológico, las gramíneas representan uno de los grupos biológicos más ampliamente adaptados a diferentes ambientes. Se distribuyen en comunidades desde la tundra ártica, los bosques templados y cálido-húmedos, las zonas áridas y semi-áridas, hasta los hábitats acuáticos y marinos. Además de su gran diversidad e importancia ecológica, representan uno de los grupos vegetales con mayor interés económico, ya que diferentes especies se utilizan como alimento para el hombre, como forraje para el ganado, como plantas de ornato, en la fabricación de artesanías, así como en actividades relacionadas con la construcción, recreación, religión, entre otras. En términos de producción agrícola mundial, actualmente los primeros cuatro lugares corresponden a miembros de esta familia: maíz, trigo, arroz y caña de azúcar (Pohl, 1986; Valdez *et al.*, 1995).

Guiot (2001) mencionó que con gran frecuencia las pasturas no cumplen con las condiciones nutricionales indispensables para proporcionar al animal una alimentación adecuada; los forrajes cumplen con la función de compensar las pérdidas de materia y energía, suministrando a los animales materiales para la composición de células y tejidos; y por eso la selección de la especie de pasto muy es importante. El objetivo de la siembra o cultivo de praderas es la producción de forraje destinado a la alimentación del ganado, donde las gramíneas son el principal componente de las praderas; en todos los casos, interesa conocer cómo es la planta, sus etapas de crecimiento y desarrollo, así como la manera en que éstas se ven afectadas por las condiciones edafoclimáticas (Muslera y Ratera, 1991).

2.1.1 Clasificación de las gramíneas mexicanas

Desde el siglo XVIII diversos científicos del extranjero y mexicanos han realizado investigaciones para conocer la riqueza de la flora de las gramíneas; Fournier (1882, 1886) estudió las gramíneas mexicanas desde un punto de vista fitogeográfico, pero lo más importante es que resumió la información relativa a estas plantas que se encontraba dispersa en ese tiempo, en diversos centros de investigación botánica de Europa.

La mayoría de los estudios acerca de las gramíneas mexicanas han sido florísticos y algunos han contribuido a nuestra comprensión de la evolución de ellas o han aportado información sobre su distribución en el País. Dávila (1989) y Dávila *et al.* (1993, 1994) hicieron listados florísticos del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, y de géneros seleccionados de la tribu *Andropogoneae*. La familia de las gramíneas está bien representada en México, se considera que ocupa el tercer lugar en nuestro País en cuanto a número de especies de plantas superiores. Beetle (1987) señaló que existen 197 géneros y 1,127 especies que equivalen aproximadamente al 4.5 % de la flora total del País. Sin embargo, Valdez *et al.* (1995) clasificó las gramíneas mexicanas bajo un sistema filogenético en 6 subfamilias, 26 tribus, 30 subtribus, 206 géneros, y un poco más de 1,000 especies. Así mismo citó que de los 206 géneros, 22 son monotípicos, 11 son endémicos, 16 dioicos, 49 introducidos (naturalizados o cultivados) y 13 géneros tienen 20 o más especies. Los representantes predominan en la familia los géneros: *Agrostis*, *Aristida*, *Bouteloua*, *Bromus*, *Digitaria*, *Eragrostis*, *Muhlenbergia*, *Panicum*, *Paspalum*, *Poa*, *Setaria*, *Sporobulus* y *Stipa*.

2.1.2 Importancia económica y distribución geográfica de los pastos tropicales

En América Latina Tropical la ganadería representa el uso más importante de la tierra especialmente en aquellas áreas donde predominan suelos poco aptos para la ganadería intensiva; en estos países esta actividad es la que más contribuye al producto interno agropecuario; se estima que los sistemas de doble propósito tienen el 78 % del inventario ganadero y contribuye con el 42 % de la producción de leche en esta región (Argel, 1996, 2006).

Las áreas tropicales y subtropicales contribuyen aproximadamente con la mitad de la producción de carne bovina, la cual incrementó 200 % en los últimos 40 años, comparada con un 92 % de incremento en la producción de carne mundial. En Latinoamérica, Brasil se ha convertido en el principal productor mundial de carne bovina, en las zonas tropicales de México, la producción en pastoreo apenas es una cuarta parte de la obtenida en el trópico y subtrópico de Florida y un tercio de la obtenida en las mismas condiciones en Australia (Mena *et al.*, 2007). Paradójicamente, se reporta que la ganadería se desarrolla en 60 % de la superficie del territorio nacional, lo que representa aproximadamente 110 millones de hectáreas. Específicamente la región del trópico húmedo y seco representa el mayor inventario del País (32 %), su producción contribuye en 28.1 y 28.4 % de la producción nacional de carne bovina en pie y en canal respectivamente (Hernández *et al.*, 2006).

En México la población de ganado bovino rebasa 23.32 millones de cabezas, donde la ganadería se en 112.7 millones de ha, de las cuales 30.7 millones de ha

están establecidas únicamente de pastos, 44.4 millones ha tienen pastos no cultivados de agostadero, 31.5 millones ha son de labor y el resto es de bosque, selva o no tiene vegetación. Más del 50 % de la superficie ganadera nacional se ubica en la región tropical, y la ganadería es la segunda actividad de mayor importancia económica en el sector primario de México. En el sureste de México, el Estado de Chiapas como parte representativa del trópico, tiene una extensión territorial de 7'364,369 ha¹ y constituye el 3.8 % del territorio nacional. Tiene un inventario ganadero de 1'406, 419 bovinos y destina para esta actividad más de 3.9 millones de ha, de esta superficie, 393.7 miles de ha están establecidas con pastos inducidos, 1.03 millones de ha están cubiertas de pastos nativos, 2.25 millones de ha son de labor y el resto está ocupada por bosque, selva o no tiene vegetación , y la superficie destinada a la ganadería están distribuidos en 87,000 Unidades de Producción Pecuaria (UPP), de las cuales 37,479 (42.8 %) utilizan el sistema de producción de libre pastoreo, en donde se cría el 65.3 % del ganado bovino; el pastoreo controlado se práctica en 10,600 UPP (12.1 %), donde se cría el 19 % del inventario ganadero estatal; así mismo, los sistemas de producción estabulados y semi estabulados se desarrollan en 1,478 (1.7 %) y 4,500 (5.3 %) UPP, donde se reproduce el 7.2 % del inventario estatal de ganado bovino.

Por el valor de su producción, la ganadería es la segunda actividad económica, después de la agricultura. Los sistemas de producción de bovinos y ovinos explotados bajo condiciones de pastoreo, semi estabulados o estabulados generan volúmenes de producción de 102,125 toneladas de carne en canal, con un valor de 3'055,389 miles de pesos. Así mismo, bajo los mismos sistemas de producción se

generan 353,085 miles de litros de leche, con un valor superior a 1'247,215 miles de pesos (INEGI, 2009).

Los pastos utilizados en regiones tropicales pueden ser clasificados por el tipo de suelo donde pueden ser utilizados. Así, se tienen gramíneas para suelos inundables, para suelos no inundables y para suelos de baja fertilidad. Como ejemplo de gramíneas para suelos inundables se tienen: *B. humidicola*, *B. mutica*, *B. arrecta*, *E. polystachya* y *Hemarthria altissima* principalmente. Para suelos no inundables se destacan *A. gayanus*, *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. dictyoneura*, *C. dactylon*, *C. nlemfuensis*, *D. decumbens*, *H. rufa*, *P. maximum* y *P. purpureum*. Dada su plasticidad e importancia económica *Brachiaria*, *Panicum* y *Paspalum* son los géneros más difundidos (Enríquez *et al.*, 1999).

En los últimos 25 años el género *Brachiaria* ha cobrado importancia debido a su impacto económico y ha llegado a ocupar 70 millones de ha en Brasil, dicha importancia económica se debe en parte a su exitoso establecimiento en áreas degradadas; esto último puede deberse a que este género tiene su origen en suelos de Sabana de África, tiene gran importancia ecológica (Miles *et al.*, 1996; Holmann *et al.*, 2005).

Las *Brachiarias* de primera generación liberadas en México y Centroamérica a finales de los años 80's e inicios de los 90's, son las de mayor impacto, y recientemente las de segunda generación (híbridos de *Brachiaria* como el pasto Mulato), que en México representan el 60 % de las praderas permanentes, principalmente en sistemas de producción de doble propósito (Holmann *et al.*, 2005).

Igualmente, el género *Panicum* se ha distribuido en regiones tropicales, donde se destaca el pasto Guinea (*P. maximum*) y algunos de sus genotipos mejorados como Mombasa, Tanzania, Tobiata y Coloniao (Heineman *et al.*, 2005).

El género *Andropogon* se ha establecido en grandes extensiones de terreno en el trópico, sobre todo en regiones bajo condiciones adversas de temperatura y humedad, ya que ha demostrado tener un alto rendimiento de forraje, resistencia a la sequía y a la quema, adaptación a suelos ácidos, infértiles y con alto contenido de aluminio, además por tener bajos requerimientos de nitrógeno y fósforo (Sosa *et al.*, 1998).

2.2 El pasto *Andropogon gayanus* Kunth

2.2.1 Taxonomía

Kéller *et al.* (1989) mencionó que la especie *A. gayanus* Kunth pertenece a la tribu *Andropogoneae* situada dentro de la subfamilia *Panicoideae* de las gramíneas. El género *Andropogon* comprende aproximadamente 100 especies anuales y perennes dispersas en el trópico y son especialmente prolíferas en África y América. Actualmente hay 4 variedades botánicas reconocidas de *A. gayanus* Kunth, cuyas características distintivas se basan especialmente en la pilosidad de las espiguillas. Existe diversidad de variedades en *A. gayanus* Kunth, como: *A. gayanus* Var. *genuinus* Hack, Var. *tridentatus* Hack, Var. *polycladus* Hack, Var. *bisquamulatus* (Hochst) y se reporta que originó la accesión CIAT 621.

2.2.2 Descripción

A. gayanus Kunth es una gramínea de porte alto, de crecimiento amacollado, de constitución gruesa, erecta y perenne con culmos de 1 - 3 m de altura. A causa de los entrenudos cortos de sus rizomas y de su ramificación intravaginal, forma macollos de hasta 1 m de diámetro. Las laminas foliares son lineales-lanceoladas, agudas, hasta de 100 cm de longitud y de 4 - 30 mm de ancho y generalmente se adelgazan hacia la nervadura central prominente, formando un pseudopeciolo. Son pubescentes en ambos lados, principalmente cuando las hojas son jóvenes y con frecuencia son glaucas y escamosas a lo largo de los márgenes. Sus raíces se describen normalmente como gruesas y robustas, y para *A. gayanus* Var. *bisquamulatus* se pueden clasificar en 3 tipos:

1. Raíces fibrosas finas (50 %), por lo general, con menos de 0.5 mm de diámetro y profusamente ramificadas; se observa que justo bajo la superficie del suelo, crecen en forma horizontal desde el centro del macollo hasta alcanzar 1 m de longitud o más.
2. Raíces verticales (10 %) cuya estructura es fina y no sobrepasa los 0.5 mm de diámetro; son menos ramificadas y crecen verticalmente hacia abajo, llegando a crecer hasta 3 m y más en suelos friables.
3. Raíces cordadas (40 %) que son cortas y gruesas, de 2 - 3 mm de diámetro y poco ramificadas; crecen tanto lateralmente como hacia abajo. Rara vez exceden 0.5 m de longitud y poseen una médula gruesa que contiene gránulos de almidón.

Estos 3 tipos de raíces son responsables en parte de la resistencia a la sequía de este pasto, ya que mientras las raíces verticales extraen agua y nutrimentos de

capas mas profundas del suelo, las raíces fibrosas hacen lo mismo cerca de la superficie del suelo, y junto con las raíces cordadas (que proporcionan anclaje a la planta y almacenan almidón) hacen uso de las primeras lluvias (Clayton y Renvoize, 1989).

2.3 *A. gayanus* Kunth CIAT 621

2.3.1 Origen y distribución

En el año de 1973, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), ubicado en Cali, Colombia recibió una muestra de semilla de *A. gayanus* Var. *bisquamulatus*, procedente de la estación de investigación de Shika, Nigeria (Amézquita *et al.*, 1989). Esta línea (accesión a cultivar CIAT 621) tras demostrar ser muy exitosa fue liberada a partir de 1980 en Colombia, Brasil, Venezuela, Perú, Panamá y México como *A. gayanus* CIAT 621 Cv. Llanero, en donde se distribuyó rápidamente (Ferguson *et al.*, 1989; Seré y Ferguson, 1989). A su vez cada País en donde se liberó este cultivar (Cuadro 1), lo hizo con un nombre comercial propio.

En Australia (Department of Natural Resources, 2008) y la India (Bor, 1973; Clayton *et al.*, 2002) se encuentra ampliamente distribuido. En México se localiza en Estados como Chiapas y Oaxaca (Peralta, 1984).

Cuadro 1: Gramínea tropical liberada como cultivar comercial en diferentes Países

Género/especie	Clases Comerciales	Año	País
<i>A. gayanus</i> Accesión CIAT 621	Carimagua 1	1980	Colombia
	Planaltina	1980	Brasil
	Sabanero	1983	Venezuela
	Veranero	1983	Panamá
	Veranero	1989	Costa Rica
	San Martín	1984	Perú
	Llanero	1986	México
	Andropogon	1988	Cuba
	Otoñero	1989	Honduras
	Gamba	1989	Nicaragua
	ICTA-Real	1992	Guatemala

(CIAT, 2006).

En 1981, se introdujo en el Estado de Yucatán, México y en 1986 se liberó como cultivar comercial Llanero, procedente del Centro de Internacional de Agricultura Tropical de Cali, Colombia, con el número accesión CIAT 621. Desde su introducción, se ha sometido a diferentes pruebas de adaptación y rendimiento en varias regiones ganaderas del trópico seco y húmedo del nuestro País (Peralta *et al.* 1987; Ayala, 1994; Enríquez *et al.* 1999). En 1987 se comenzó a producir semilla de este cultivar. Por otro lado el inicio de la producción nacional de semilla de *A. gayanus* Kunth, trajo consigo esquemas tecnificados de multiplicación de semilla, como son: el sudado y la limpieza de la semilla, lo que propició mejores precios en el mercado y rendimientos aceptables (Enríquez y Quero, 2006).

El cultivar Llanero, también es conocido con otros nombres: gamba grass, bluestem (Africa, Australia), Rhodesian andropogon (southern Africa), Rhodesian blue grass

(Zimbabwe), onga, tambuki grass (north-west Africa) y sadabahar (India) (Bor, 1973).

2.3.2 Características generales

Después de varios años de investigación, no sólo en México si no en varios países de Latinoamérica, se comprobó que el pasto *A. gayanus* Kunth es una gramínea de excelente productividad para los suelos pobres, caracterizados por su pH bajo y alta saturación de Aluminio, y se encuentra ampliamente distribuida en la mayoría de las sabanas tropicales y subtropicales, en áreas con una prolongada estación seca. Tiene alta producción de forraje aún en suelos de baja fertilidad; es muy resistente al ataque de mosca pinta; es una especie que responde a la quema, encharcamiento y al manejo adecuado en pastoreo. Una cualidad de este pasto es que durante la época seca permanece verde en producción, resiste hasta 8 meses de sequía con crecimiento activo. Se lignifica en menor proporción que el pasto Estrella (*C. nlemfuensis*), Buffel (*C. ciliaris*) y Jaragua (*H. rufa*), por lo que conserva un buen valor nutritivo (Enríquez y Castillo, 1996; Enríquez *et al.*, 1999; Silva, 2006). *A. gayanus* Kunth tiene la desventaja de tener un crecimiento lento al inicio de su establecimiento, compite poco con las malas hierbas y es atacado por hormigas en las primeras fases de crecimiento (Silva, 2006). Es un pasto perenne que puede llegar a medir hasta 4 m de altura, con tallos erectos, delgados de porte alto que crecen en macollos de hasta 1 m de diámetro, posee un complejo sistema radicular el cual consta de raíces gruesas, delgadas, profundas, superficiales de 120 y 50 cm de longitud, respectivamente, las hojas pueden ser glabras o pubescentes, de 40 a 60 cm de largo con 2 – 3 cm de ancho, presentan una nervadura central cubierta de

vellosidades. Generalmente las hojas son de color verde claro, aunque en ciertas épocas del año como en la seca, algunas se tornan de color violáceo (Bowden, 1964; Peralta *et al.*, 1987; Cameron, 2000). Las espiguillas se forman en pares y ambas, tanto la basal como la pedicelada, presentan pubescencia y aristas.

2.3.3 Adaptación y manejo agronómico

Se desarrolla en altitudes de 0 – 1300 msnm, con precipitación pluvial de 800 – 2300 mm anuales, así como, en zonas con periodos de sequía de hasta siete meses (Peralta, 1984; Enríquez y Castillo, 1996). Se adapta a gran variedad de suelos de baja fertilidad, ácidos con pH de 4.0 – 8.0, los cuales son considerados como marginales para la agricultura; su mejor desarrollo se ha observado en suelos de textura ligera (arenoso a franco), bien drenados, no resiste excesos de humedad por periodos prolongados (Peralta *et al.*, 1987; INIFAP, 2000 y Castillo, 2006).

Su sistema radicular le permite permanecer verde con follaje durante sequías, de cinco a siete meses. Por su vigor, agresividad y producción de semilla fértil rápidamente coloniza áreas cercanas. Ésta especie está bien adaptada a la quema así como al pastoreo. En casos de subpastoreo se ha observado que es necesario hacer una quema periódica o un corte, para eliminar el material fibroso o viejo (Jones, 1979). El *A. gayanus* Kunth, es una gramínea tropical de elevado potencial forrajero para suelos ácidos infértiles y con alta concentración de aluminio (Sánchez y Ferguson, 1986).

Después del inicio de las lluvias, el terreno debe prepararse con subsoleo, barbecho, 2 pases de rastra y surcado superficial. La cantidad de semilla ha^{-1} debe ser de 5 kg de semilla pura viable (SPV) y debe sembrarse a chorrillo o al voleo. Sin

embargo, para el establecimiento de *A. gayanus* Kunth bajo condiciones de trópico seco o húmedo, puede sembrarse al final de la época de seca, previa preparación mínima del terreno o cama de siembra con arado y dos pasos de rastra cruzados; si es en terrenos de topografía accidentada puede sembrarse después de eliminar la maleza con machete o herbicida para asegurar su germinación y desarrollo inicial libre de malezas (Eguiarte *et al.*, 1996).

Puede ser sembrado con material vegetativo y/o semilla botánica. Se recomienda al inicio de la época de lluvias o si se dispone de humedad suficiente puede ser en cualquier época del año utilizando de 1.5 a 2.5 kg ha⁻¹ de SPV; sin embargo, el INIFAP (2000) reportó que es recomendable utilizar 8 -10 kg de semilla, con 20 – 30 % de germinación. Los métodos de siembra más comunes son: al voleo regando la semilla y tapándola ligeramente con una rama, en surcos a una distancia de 80 cm y 1 m entre plantas y a espeque o macana en áreas de ladera y montañosas (Bolaños *et al.*, 1988; Silva, 2006).

En *A. gayanus* Kunth el control de malezas es muy necesario durante los dos primeros meses para obtener un buen establecimiento, en pre-emergencia se sugiere adicionar de 1.5 a 2 l ha⁻¹ de Atrazina y en postemergencia se recomienda aplicar 2 l ha⁻¹ de 4-D Amina o pasar una o dos veces la cultivadora. Los principales problemas de plagas en *A. gayanus* Kunth se presentan durante la siembra, emergencia y crecimiento de plántulas, las hormigas acarrear la semilla y cortan las plantas, esto se controla con la aplicación de Paration Metílico en polvo al 2 %. La pradera debe estar en condiciones de ser pastoreada por el ganado entre los 6 y 7 meses después de la siembra (Silva, 2006).

La fertilización se utiliza principalmente en sistemas de producción de clima templado, pero puede ser importante para algunas especies tropicales debido a que las gramíneas tienden a disminuir su productividad a medida que se agotan los nutrientes en el suelo (Hernández *et al.*, 2006). Para asegurar un buen crecimiento, de la pradera de *A. gayanus* Kunth después de la siembra, principalmente en suelos pobres se debe fertilizar adecuada consistente en 100 kg ha⁻¹ de Nitrógeno y 50 - 60 kg ha⁻¹ de Fósforo en la fase de crecimiento (15 - 20 días después de la siembra). Así mismo se indica que para el mantenimiento de la pradera debe aplicarse cada año 100 kg ha⁻¹ de Nitrógeno y 30 - 40 kg ha⁻¹ de Fósforo (Eguiarte *et al.*, 1996; Silva, 2006). López y García (2009), informan de una fertilización de 50 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, 10 kg de P₂O₅), lo que equivale a 111 kg ha⁻¹ de Urea como fuente de Nitrógeno y 22 kg de superfosfato triple de Calcio como fuente de Fósforo. Se recomienda fertilizar la pradera para mantenimiento y producción con 100-20-00 de N-P-K.

La cantidad de tallos y espigas florales, el número de semillas formadas por espiga, el peso y el porcentaje de semillas cosechadas y viables, determinan la producción y calidad de semillas en los pastos tropicales, características que pueden ser modificadas por factores ambientales, físicos, biológicos o mediante prácticas culturales, por lo que la producción de semilla puede variar entre 2 y 260 kg ha⁻¹. Eguiarte *et al.* (1996) evaluaron los rendimientos de semilla pura en gramíneas tropicales en el sur de Jalisco, México, al estudiar el potencial de producción de semilla de varias accesiones de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 y 4 selecciones de éste llamadas INIFAP 11, 24, 31 y 39 y otros pastos; se evaluaron en laboratorio el

rendimiento de semilla (kg ha^{-1}), pureza (%) y germinación (%); así mismo, determinaron el porcentaje SPV. Los rendimientos de SPV con valores altos fueron para *A. gayanus* Kunth INIFAP 11 (61.2 kg ha^{-1}) y *A. gayanus* Kunth CIAT 621 (54 kg ha^{-1}); intermedios para *A. gayanus* Kunth INIFAP 39 (42.7 kg ha^{-1}) e INIFAP 24 (33.8 kg ha^{-1}), y bajos en *A. gayanus* Kunth INIFAP 21 (33 kg ha^{-1}). El número de espigas m^{-2} varió de 103 en *A. gayanus* Kunth CIAT 621 y 82 en INIFAP 24. Ha sido reportado 20 % de pureza, 10 % de valor cultural, 50 % de germinación y una densidad de siembra de 5.0 kg ha^{-1} en *A. gayanus* Kunth (Gobius *et al.*, 2001; Carvajal y Lara, 2003).

En Queensland (2008) se indicó que *A. gayanus* Kunth puede producir hasta 244 000 semillas $\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ con 65 % de viabilidad. Las semillas son ligeras y fácilmente dispersadas por el viento, el 90 % puede caer al suelo alrededor dentro de 5 m de la planta madre. Se ha informado que las semillas pueden permanecer viables en el suelo de hasta 12 meses (DNR, 2008).

Datos similares fueron encontrados por Ayala (1994), quien al evaluar la floración y producción de semilla de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 en el Norte de Yucatán, obtuvo rendimientos de 48 kg ha^{-1} de SPV.

2.3.4 Producción de forraje y calidad nutritiva

En los pastos tropicales la producción de materia seca en la parte aérea depende del balance entre la tasa fotosintética y la tasa de respiración de la planta (Juárez *et al.*, 2007). La importancia de considerar la producción de materia seca en lugar de la producción de biomasa fresca es que se puede comparar forrajes con

diferentes contenidos de humedad y en diferentes condiciones ambientales. Así mismo la materia seca se incrementa conforme se avanza la edad de la planta, siendo mayor la tasa de crecimiento de las especies tropicales cuando se registra la máxima precipitación pluvial, sin embargo a medida que se prolonga la edad de corte, la producción de biomasa aumenta pero se reduce el contenido de proteína (Velasco *et al.*, 2001).

En sistemas rotacionales, Blanco (1995), en el estudio del crecimiento de *P. maximum* y *A. gayanus* Kunth, encontró similares respuestas en la acumulación de materia seca según la edad de rebrote, pero con diferencias en su cinética de crecimiento, así como en las relaciones con sus componentes morfológicos.

Juárez *et al.* (2007) mencionan que el contenido de proteína cruda de *A. gayanus* Kunth es de 2.30 a 8.60 (% MS) y que la estacionalidad de la producción se evidencia cuando los pastos pasan de la época de mínima precipitación a la de máxima, como es el caso de *A. gayanus* Kunth que incrementa su producción de 2.6 a 11.34 t MS ha⁻¹. Sin embargo el contenido de proteína en un instante dado no tiene ningún sentido biológico si no es considerada la producción de materia seca de forma simultánea, por lo que al utilizar una metodología alternativa que permite analizar el contenido de proteína en relación a la materia seca producida a través del uso de las curvas de la dilución de la proteína, encontrando que con cada incremento unitario de la producción de MS *A. gayanus* Kunth, *B. humidicola*, *B. brizantha*, *P. maximum* y *P. notatum* presentan una menor reducción en su contenido de proteína a lo largo del periodo de crecimiento. Lo anterior es importante por que en condiciones tropicales, lo deseable es contar con pastos con la menor dilución de la

proteína; es decir, que mantengan un valor de proteína aceptable a lo largo del crecimiento de la planta, lo cual garantiza la sustentabilidad de los sistemas de producción agropecuarios bajo estas condiciones.

Amézquita *et al.* (1989) reportaron la capacidad de producción de biomasa de 4 de las 11 accesiones de *A. gayanus* Var. *bisquamulatus* (CIAT- 621, CIAT- 6053, CIAT-6054, CIAT-6200) del banco del germoplasma del CIAT, en ensayos multilocacionales en ecosistemas de sabana bien drenada isotérmica, sabana bien drenada isohipertérmica, sabana mal drenada, bosque tropical lluvioso y bosque tropical estacional. En el Trópico Americano *A. gayanus* Kunth CIAT-621 obtuvo la mayor producción de forraje en la época de mínima y también en la de máxima precipitación con rendimientos de $2,937 \pm 2881$ y $6,211 \pm 1,601$ kg MS ha⁻¹. La segunda posición la obtuvo el CIAT 6200 en la época de mínima precipitación con $2,790 \pm 2,400$ kg MS ha⁻¹ y CIAT 6054 en la de máxima humedad con una producción de $5,680 \pm 9,200$ kg de MS ha⁻¹.

Satjipanon *et al.* (1995) llevaron a cabo un experimento en Chiagyeun Nutrición Animal, evaluando cultivos forrajeros en suelos con características de 4.5 pH, materia orgánica 0.49%, 12.93 ppm de P disponible, 13.75 ppm K y 1.70 ppm de S. Ellos encontraron que *A. gayanus* Kunth dio el mayor rendimiento de MS con 18.50 t ha⁻¹ año⁻¹.

Al evaluar el grado de adaptación al medio ambiente y la capacidad de producción de materia seca de *A. gayanus* Kunth CIAT 621, tanto en la época de mínima como de máxima precipitación en varias localidades de América Tropical, se destacan los siguientes resultados:

En Isla Juventud BE18, Cuba, la producción obtenida fue de 2,769 y 2,373 kg ha⁻¹ de MS. En Chinchiná BE19 (La Romelia), Colombia, se registró una producción de 17,006 y 13,078 kg ha⁻¹ de MS y en Bahía, Brasil, la producción fue de 3,275 y 8,748 kg ha⁻¹ de MS en la época de mínima y máxima precipitación respectivamente. En el sur de México se evaluó *A. gayanus* Kunth CIAT 621 en la costa de Chiapas, encontrando producciones de biomasa en los municipios de Arriaga (255 y 7,557 kg ha⁻¹ de MS), Pijijiapan (13,405 kg ha⁻¹ de MS) y Tonalá (332 y 12,225 kg ha⁻¹ de MS) en la época de mínima y de máxima precipitación. En Huimanguillo, Tabasco, la producción obtenida fue de 4,589 y 5,573 kg ha⁻¹ de MS. Mientras que en el estado de Veracruz, en los municipios de Isla y Loma Bonita la producción de MS ha⁻¹ fue de 880 y 4,485; así como de 4,260 y 14,803 kg para cada uno respectivamente.

Núñez *et al.* (2002) usaron dos tipos de muestreo (altura fija: 40 cm y altura simulada: 20 – 30 cm, simulando la selección del animal, para comparar su composición química de cuatro pastos, entre ellos el *A. gayanus* Kunth. Donde reportaron porcentajes de 6.0 (altura fija), 9.2 (altura simulada) PC, 48.5 (alt.fija), 42.3 (alt.simulada) FDA, 76.7 (alt. fija), 71.8 (alt.simulada) FDN y 4.7 (alt. fija), 3.7 (alt. simulada) de Lignina en *A. gayanus* Kunth, en Venezuela. En la misma región se ha señalado el rendimiento de MS y los porcentajes de PC del pasto Llanero en asociación con leguminosas; 2.05 t MS ha⁻¹ *A. gayanus* Kunth solo, 3.47 t MS ha⁻¹ año⁻¹ y 6.6 % PC, 4.6 y 13.4 % PC (*A. gayanus* Kunth + *M. atropurpureum*), 5.49 t MS ha⁻¹ año⁻¹, 5.7 y 12.7 % PC (*A. gayanus* Kunth+ *C. pubescens*), informaron una producción de *A. gayanus* Kunth 5690 t MS ha⁻¹ año⁻¹, 7087 *A. gayanus* Kunth + *M. atropurpureum*) y 9118 t MS ha⁻¹ año⁻¹ (*A. gayanus* Kunth + *C. pubescens*) (Núñez y

Bryan, 2002). En México, Carranza *et al.* (2003) indicaron que el pasto Llanero (*A. gayanus*) contiene una humedad de 85 %, PC: 5.1 %, cenizas: 7.3 %, grasa: 1.0 %, fibra cruda: 37.25 %, extracto libre de Nitrógeno: 49.33 %, Calcio: 1.30 % y 0.22 % de Fósforo.

La pradera de *A. gayanus* Kunth permite hacer un uso más intensivo de su forraje debido a que produce entre 30 y 50 % más de forraje que las gramas nativas, pudiendo incrementar la carga animal hasta de 5 cabezas ha^{-1} en la época de lluvias (Silva, 2006). En un sistema de corte o pastoreo alcanza un 65 % con respecto a su relación hoja:tallo y contiene de 8 a 12 % de proteína cruda (INIFAP, 2000). En los Llanos Orientales de Colombia, Vera (2002) informó que soporta una carga animal de 1.04 y 1.33 cabezas ha^{-1} , con una ganancia de 0.245 y 0.330 $\text{kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$, en el pastoreo de *A. gayanus* Kunth con novillas de destete de 3 a 9 meses de edad. En un estudio efectuado por Ortiz (2000) en el Estado de Colima, México; realizado en toretes de engorda, informó que el peso inicial fue de 229 kg PV, un peso final de 270 kg, una ganancia diaria de peso (GDP) de 446 g y un consumo de 2.1 % en una dieta de *A. gayanus* Kunth más un concentrado; mientras que en la dieta de *A. gayanus* Kunth más un alimento complejo catalítico se obtuvieron los siguientes datos: 224 kg de peso inicial, 274 kg de peso final, una GDP 546 g y 2.2 % de consumo.

MacDowel *et al.* (2005) informaron un rendimiento de 11.487 kg MS ha^{-1} en época de lluvia, 9.30 kg MS ha^{-1} en seca, y un porcentaje de PC de 6.45 y 306, respectivamente. Rethman y Steenekamp (1998) indican que la fertilización tiene influencia marcada tanto en el rendimiento como en la cantidad de proteína e insisten

que al evaluar las diferencias entre los cultivares deberán considerarse la facilidad de adaptación a condiciones diferentes de suelo y la relación hoja:tallo.

Esta información indica que *A. gayanus* Kunth CIAT 621 se adapta bien a una diversidad de localidades, ya que en el 93 % de los sitios experimentales su grado de adaptación se considero excelente o bueno. Sin embargo su capacidad de producción de biomasa es muy variable, oscilando entre 53 y 21,453 kg ha⁻¹ de MS en la máxima precipitación, y de 0 a 17,006 kg ha⁻¹ de MS en la época de mínima precipitación, en ambos casos a las 12 semanas del rebrote (Amézquita *et al.*, 1989). Se ha indicado del rendimiento de *A. gayanus* Kunth en asociación con diferentes leguminosas, en el cual se obtuvieron los siguientes datos: *A. gayanus* Kunth+ *D. ovalifolium* de 301 kg MS ha⁻¹, *A. gayanus* Kunth + *C. pubescens* de 401kg MS ha⁻¹, *A. gayanus* Kunth + *S. guyanensis* de 425 kg MS ha⁻¹, *A. gayanus* Kunth + *S. capitata* de 354kg MS ha⁻¹ y *A. gayanus* Kunth + *P. phaseoloides* de 292 kg MS ha⁻¹ (Lascano, 1981).

Zaragoza *et al.* (2009) señalaron que cuando se alcanzó el mayor rendimiento de forraje, el contenido de hoja de alfalfa fue 30, 35, 31 y 34 % en Verano, Otoño, Primavera e Invierno. El contenido de ovillo varió ($P<0.05$), cuando se registró el mayor rendimiento; su contribución fue 25, 6, 9 y 11 % en Verano, Otoño, Primavera e Invierno y fue mayor en Verano y Otoño (658 y 432 kg MS ha⁻¹) en la quinta y tercer semana con respecto a Invierno y Primavera (271 y 102 kg MS ha⁻¹). El porcentaje de hojas fue más alto en las primeras tres semanas de crecimiento en Otoño e Invierno (8-19 % y 30-24 %); en Primavera y Verano fue similar en todas las semanas (8 y 24 %). El porcentaje de malezas, en el forraje acumulado de la

pradera, fue reducido, de 0.6 % en Otoño y Primavera a 3.6 y 9.4 % en Verano e Invierno; su mayor contribución fue en la sexta, quinta y tercer semana en Verano, Invierno y Primavera, en Otoño prácticamente no hubo malezas. La aportación de otros pastos, en Primavera se presentó una escasa aportación de flor de alfalfa y espiga de ovillo, a causa de las condiciones ambientales favorables como elevadas temperaturas, humedad y alta radiación solar, además de ser la estación en la que inicia la etapa reproductiva de los pastos, y aumentan la aportación de tallos y material muerto.

2.4 El crecimiento de los pastos

El punto de crecimiento está situado en el centro mismo del tallo, en general cerca de la superficie del suelo. Esta estructura con forma de domo, de un tamaño microscópico, consiste de células en división activa que inician, de continuo, nuevo crecimiento. Los tallos de todas las plantas están compuestos por nudos, donde se adhieren las hojas, separadas por los entrenudos. Las gramíneas no constituyen una excepción, solo que los entrenudos son extremadamente cortos. Mientras la planta está en estado vegetativo y no florece, el tallo permanece muy contraído y su ápice situado por encima de los sucesivos nudos y entrenudos continua próximo a la superficie del suelo, en la base del vástago. El alargamiento normal del tallo no ocurre en ningún grado hasta que comienza la floración (Carámbula, 1983; Muslera y Ratera, 1991).

Las raíces seminales no constituyen el principal sistema radicular de las gramíneas. Aunque ellas permanecen funcionales durante algún tiempo y en base a

su peso unitario son muy eficientes, no son suficientemente grandes para satisfacer las demandas de agua y nutrientes minerales de la planta (Carámbula, 1983).

Muchas especies de gramíneas tienen un hábito postrado, diseminándose por estolones sobre la superficie o por rizomas por debajo de la superficie del suelo. Los tallos rastreros también están compuestos por nudos y entrenudos y son, capaces de formar raíces a intervalos de su longitud. En los nudos también hay hojas escamosas muy pequeñas rodeando las yemas axilares de las que pueden originarse macollos (Muslera y Ratera, 1991).

Los hijuelos se originan en las yemas situadas en las axilas de las hojas. En gramíneas erectas o de matorral la yema crece hacia arriba y al final emerge de la vaina foliar envolvente. En especies de hábito rastrero, el tallo atraviesa la vaina y forma un estolón o rizoma. Cada planta es una réplica completa del vástago original, con su propio ápice de tallo, hojas, nudos, entrenudos y raíces adventicias. Las hojas de los macollos también contienen yemas en sus axilas, de manera que en su debido curso, se forma un sistema complicado compuesto de macollos de distinto orden. El macollo puede considerarse la unidad básica de una pastura, aún no está claro hasta qué grado funciona en forma independiente. Cada macollo posee su propio sistema foliar fotosintético, y una vez que ha crecido su propio sistema radicular para la absorción de agua y nutrientes minerales. Es posible dividir una planta de gramínea en sus macollos constitutivos y plantarlos separadamente. Los macollos están unidos internamente por un complejo sistema de conexiones vasculares, y existen pruebas que demuestran que hay un transporte considerable

de sustancias asimilables y nutrientes minerales hacia adentro y fuera de los macollos (Muslera y Ratera, 1991; Briske, 1991).

Cada macollo permanece vivo sólo durante un período limitado de tiempo, que varía desde unas pocas semanas hasta varios meses o incluso más de una año. Los macollos producen semillas o mueren antes de finalizar la estación de crecimiento, de manera que dichas plantas tienen un hábito anual. Solo si la formación de la semilla es evitada mediante corte o pastoreo, y siempre que el suministro de agua y nutrientes sea abundante, puede prolongarse la longevidad de estas especies anuales. Los macollos que aparecen, florecen y mueren en el mismo año se comportan como los de gramíneas anuales, pero hay otros que tienen un ciclo de vida bianual ya que florecen al año siguiente de su formación, mientras que otros no florecen nunca y tienen una longitud de vida variable (Carambula, 1983).

Relaciones lineales fuertes entre el número de hojas producidas en un determinado intervalo de tiempo y la temperatura acumulada, han confirmado que ésta es el factor principal que controla la tasa de aparición de hojas (Cruz y Boval, 2000). Por ello, la tasa de aparición de hojas se expresa frecuentemente como el intervalo en grados día de crecimiento entre la aparición de dos hojas sucesivas (McMaster, 1997). La diversidad morfológica de las semillas forrajeras tropicales se da en forma, tamaño y peso; los atributos morfológicos de la inflorescencia de las gramíneas han sido tradicionalmente la base de la clasificación sistemática; es conveniente recordar que las gramíneas han evolucionado para resistir el pastoreo, sequía y fuegos intermitentes, entre otros aspectos (Enríquez y Quero, 2006).

La tasa de crecimiento de las plantas es más rápida que la tasa de consumo durante la época de lluvias. Aunque en ciertas áreas, la tasa de crecimiento puede ser más rápida en la época de seca (Hernández *et al.*, 2006). La tasa de crecimiento de los pastos alcanza sus valores más altos con el aumento de la temperatura, luz y la disponibilidad de agua y nutrimentos en el suelo, en tanto que disminuye en invierno a consecuencia de la baja temperatura, lo cual explica la estacionalidad en la producción de forraje (Brougham, 1957; Hernández-Garay, 1995). Al respecto, en el valle de Texcoco, Bolaños *et al.* (1995) reportaron que en invierno el rendimiento de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) CV. Barlatra, se reduce significativamente ($500 \text{ kg materia seca ha}^{-1}$) por disminución en la temperatura y la radiación solar, que disminuyen la actividad fotosintética y demás procesos metabólicos de las plantas, en comparación con primavera y verano, por lo que consideran necesario alargar los intervalos de defoliación en esta estación, para que la planta alcance mayor rendimiento, de manera similar a como se efectúa en alfalfa.

En esa misma región, Velasco *et al.* (2002) reportaron que la tasa de crecimiento de ballico perenne (*L. perenne* L.) Var. Tetraploide Americano alcanzó valores máximos de 98, 53, 34 y $22 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ durante Primavera, Verano, Otoño e Invierno, respectivamente; indicaron que el manejo de la defoliación para aumentar la producción y utilización de gramíneas, debe variar de acuerdo con la estación del año; con base a los resultados, concluyeron que para obtener la máxima producción de forraje de este pasto, la defoliación debe realizarse a las 5, 6, 6 y 4 semanas en Verano, Otoño, Invierno y Primavera, respectivamente. Resultados similares se obtuvieron en pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) para esa región, donde

la tasa de crecimiento también varió con la estación del año y se concluyó que la cosecha debe efectuarse una vez que la biomasa de hojas verdes ha alcanzado su más alto nivel y antes de que se acelere la tasa de pérdida por senescencia y descomposición (Velasco *et al.*, 2001).

En el sureste de México, Armendáriz *et al.* (1993) en suelos rojos de Yucatán reportaron que la tasa de crecimiento (TC) alcanzó valores máximos de 83, 124 y 135 kg materia seca ha⁻¹ día⁻¹ en Julio para el pasto buffel (*C. ciliaris*) Cv. Nubank y en Agosto para los pastos guinea (*P. maximum*) Cv. Australiano y Llanero (*A. gayanus* Kunth CIAT 621), cuando a partir de que se establecieron las lluvias se fertilizaron con nitrógeno y se cortaron cada 42 días a una altura de 20 cm; la reducción del crecimiento hacia el final del año (Invierno) fue más pronunciada en llanero y guinea que en Buffel, aunque los valores más bajos de la TC que se registraron en Diciembre fueron similares: 6, 9 y 10 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ para Buffel, Guinea y Llanero, respectivamente.

El *B. brizantha* CIAT 26110 Cv. Toledo alcanzó su máxima tasa de crecimiento durante Julio y Agosto con 118 kg MS ha⁻¹, mientras que el Mulato 2 (*B. híbrido*), Señal (*B. decumbes*), Insurgente (*B. marandú*) y Mulato (*B. brizantha* x *B. ruziziensis*) mostraron sus máximas tasas de crecimiento en Junio. Todos ellos después del establecimiento de la temporada de lluvias (Hernández *et al.*, 2006). El *B. dictyoneura* Cv. 6133, registró un tasa de crecimiento en la época de seca de 76 kg MS ha⁻¹, se debe considerar en ese año se tuvo una época seca relativa, debido a las precipitaciones anormales que se registraron en ese periodo (Enríquez y Romero, 1999).

González y Ramírez (2007) reportaron que el *P. maximum* Cv. Tanzania en base a la acumulación de materia seca y la edad de rebrote el tiempo óptimo de corte es cada 30 días bajo corte en la época de lluvias, mientras que en la época de seca el tiempo de corte es cada 40 días.

Gutiérrez (2008) reportó que para *P. maximum* Cv. Mombasa, el óptimo aprovechamiento se puede obtener al cortar cada 30 días en primavera bajo riego y cada 40 días el resto del año. Obteniendo la mayor tasa de crecimiento en el ciclo de rebrote 2 (Verano), con 125 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, y superó en 35, 44 y 7 % a las obtenidas en los rebrotes 1,3 y 4, respectivamente.

Álvarez y López (1992) encontraron, en una asociación alfalfa (*M. sativa*)-pasto ovillo (*D. glomerata*), que en Invierno, la TC disminuyó con temperaturas inferiores a 10 °C, aunque todavía existió crecimiento a 5 °C. Salas (8) reportó mayor TC en alfalfa CUF-101 y Valenciana en Verano en la cuarta semana (140 y 138 kg MS ha⁻¹) y en Otoño en la quinta (135 y 127 kg MS ha⁻¹). Hernández-Garay *et al.*, (1992), obtuvieron la mayor TC cosechando alfalfa cada seis semanas, y la menor a las cuatro semanas.

Zaragoza *et al.* (2009) realizaron un estudio en una pradera asociada alfalfa, variedad Cuf-101 y pasto ovillo (*D. glomerata*) en el Estado de México, donde en todas las estaciones se presentó un incremento progresivo en la acumulación de forraje en las primeras semanas de rebrote hasta alcanzar el máximo rendimiento en la quinta semana en Primavera, Verano y Otoño ($P < 0.05$), y en la sexta en Invierno ($P < 0.05$), con 4 540, 3 350, 3 600 y 2 840 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Se registró una disminución en el porcentaje de hoja en alfalfa y un aumento en el material

muerto, el cual alcanzó su mayor valor en las últimas semanas. La máxima acumulación de forraje en primavera fue superior en 65, 40 y 30 % a Invierno, Otoño y Verano ($P < 0.05$). Verano y Otoño fueron superiores a Invierno, donde se registró la menor acumulación de materia seca debido a condiciones ambientales desfavorables que propiciaron menores TC e IAF, incidencia de heladas, menor radiación y fotoperíodo reducido. La tasa de crecimiento (TC) de la pradera varió en las diferentes estaciones del año. En las dos primeras semanas de rebrote aumentó lentamente y alcanzó su valor máximo en la cuarta semana en Primavera y Verano, en la tercera en Otoño y en la quinta en Invierno (120, 104, 107 y 78 kg MS ha⁻¹ día⁻¹); posteriormente, disminuyó de manera constante de la sexta a la octava semana, cuando registró los menores valores (53, 44, 46 y 74 kg MS ha⁻¹ día⁻¹) en Verano, Otoño, Invierno y Primavera respectivamente. La mayor TC promedio se registró en Primavera (95 kg MS ha⁻¹ día⁻¹) y fue 22 % superior ($P < 0.05$) a Verano y Otoño, y 83 % a Invierno; esto se atribuye a que, en esta estación, se presentaron los valores mensuales promedio más altos de temperatura, radiación solar y horas luz y coincidieron con la mayor acumulación de forraje.

2.4.1 Factores que determinan el crecimiento de los pastos

El crecimiento de las plantas depende del ambiente y sus variaciones son reflejo de los cambios ambientales en que se encuentran; el ambiente caracterizado por el suelo y el clima, tiene gran influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas y por lo tanto en su rendimiento. En este sentido la adquisición de recursos ambientales (luz, CO₂, temperatura, precipitación) depende de la proporción de hojas, tallos y raíces de las plantas que mediante los procesos fisiológicos de

fotosíntesis, absorción del agua y nutrimentos, crecimiento y desarrollo, determinan la productividad de los pastos y cultivos; por su parte, la disponibilidad de los recursos ambientales está influenciada por factores como tipo de suelo, altitud, vientos y decisiones de manejo agronómico. Se destaca que la temperatura y la luz afectan tanto la tasa de crecimiento de las especies forrajeras, como la tasa y tiempo de desarrollo de los estados fenológicos, tales como la floración (McKenzie *et al.*, 1999).

2.4.2 Estacionalidad del crecimiento de los pastos

El conocimiento de la estacionalidad en el crecimiento y desarrollo de los pastos de interés y en consecuencia de la producción de forraje en una determinada región, es un aspecto primordial para optimizar la interacción suelo-planta-animal, ya que permite detectar los tiempos de mayor y menor disponibilidad de forraje y con ello adoptar diferentes opciones de manejo con el propósito de maximizar la disponibilidad de forraje y por ende la producción animal. Las condiciones de un ambiente particular determinan los patrones de crecimiento estacional de las especies forrajeras predominantes; en igualdad de condiciones de manejo, las diferencias en producción anual y estacional dependerán de la especie y sus interacciones con factores climatológicos tales como: precipitación, tasa de evaporación, temperatura, viento, horas e intensidad de la luz entre otros (Hernández-Garay y Martínez, 1997).

Existen diferencias en el valor nutritivo entre los pastos, que además varía de acuerdo a la edad de rebrote de los mismos; en las especies perennes en áreas no inundables, conforme la edad del rebrote aumenta, la calidad disminuye y el

rendimiento aumenta (Quero *et al.*, 2006). En el uso de los pastos, la altura y el momento de la cosecha constituyen elementos básicos en su manejo, por la influencia que estos ejercen en su comportamiento morfofisiológico y productivo. Se han realizado estudios sobre la edad y altura de corte o pastoreo, con el propósito de profundizar en los diferentes mecanismos relacionados con la defoliación y sus respuestas en producción de biomasa y persistencia de las especies. Todos están directamente relacionados con la acumulación y distribución de los asimilados en sus diferentes órganos, con el balance de reservas y velocidad de rebrote (Gomide, 1988; Beltrán *et al.*, 2005).

En condiciones de pastoreo la dinámica de crecimiento no sólo depende de las variaciones del clima y el suministro de nutrientes, sino de la acción de los animales en el pastoreo, cuyas interacciones son numerosas y complejas, con respuestas morfológicas y fisiológicas variables, en dependencia del hábito de crecimiento de la planta, mecanismos de propagación, persistencia y del sistema de manejo empleado en su explotación (Rodríguez y Avilés, 1997). La importancia de las reservas orgánicas como factor de rebrote de los pastos parece limitarse a los primeros días de recuperación después del corte, cuando se expanden las primeras hojas. Su contribución tiene que ver con el mantenimiento de la respiración de las raíces y las hojas remanentes después del corte y el aporte de energía para la producción de nuevas hojas (Fulkerson y Snack, 1994). La pérdida de hojas y tallos ejercen un gran desgaste en la planta que la obliga a movilizar sus reservas para así emitir nuevas hojas y restaurar su capacidad fotosintética (Parson *et al.*, 1988; Parson y Penning, 1988).

Es importante considerar tres factores cuando se manejan forrajes bajo condiciones de corte o pastoreo: rendimiento, calidad del forraje y persistencia. El tipo de suelo y clima son los principales factores que determinan el rendimiento, calidad y longevidad de las plantas; no obstante la topografía del terreno y el manejo de la pradera también contribuyen (Hernández *et al.*, 2006).

La estacionalidad en la producción de forraje varía entre pastos y leguminosas; al respecto, Sosa *et al.* (1998), al evaluar diferentes gramíneas perennes en monocultivo fertilizadas con nitrógeno y en asociación con leguminosas bajo irrigación, encontraron que las gramíneas presentaron mayor estacionalidad en la producción de forraje y que su máximo rendimiento lo alcanzan durante la primavera. Existen diferencias en el patrón de digestibilidad entre las especies y variedades de los pastos, tanto en primavera como en el resto del año; estas diferencias se han explicado por variaciones en la relación hoja:tallo y la digestibilidad de éstos en estados equivalentes de madurez (Clark, 1993; Norton y Poppi, 1995).

En un estudio realizado por Zaragoza *et al.* (2009) en alfalfa – pasto ovillo, observaron una disminución progresiva en la relación hoja:tallo conforme aumentó la edad de rebrote de la alfalfa. Cuando se registró la mayor acumulación de forraje (quinta semana) en Verano, Otoño y Primavera, la relación hoja:tallo fue de 0.8, 0.7 y 0.6 ($P < 0.05$); mientras que en Invierno (sexta semana) fue de 0.8. De la sexta a la octava semana de crecimiento esta relación se redujo en primavera, Verano y Otoño y de la séptima a la octava en Invierno; esta disminución podría estar asociada con el incremento en la aportación del tallo al rendimiento y a la caída de hojas en alfalfa, la cual se acentúa a partir de la sexta semana de rebrote. La relación hoja:tallo en

pasto ovillo varió estacional y semanalmente, fue mayor ($P<0.05$) en las primeras dos semanas de crecimiento en Verano y Otoño y en las tres primeras semanas en Invierno y Primavera. La mayor relación hoja:tallo en Invierno fue originada por el escaso desarrollo de los tallos en las primeras cuatro semanas, observando un descenso a partir de la quinta semana por efecto de las heladas y bajas temperaturas. Cuando se presentó el mayor rendimiento de forraje, la relación hoja:tallo fue 2.8, 3.2 y 4.1 en Verano, Otoño y Primavera (quinta semana) y 5.1 en Invierno (sexta semana) y varió en el siguiente orden descendente: Invierno, Primavera, Otoño y Verano ($P<0.05$). La menor relación hoja:tallo al final del periodo de crecimiento fue consecuencia del aumento de biomasa de los tallos y de material muerto. El índice de área foliar promedio se incrementó lentamente en las primeras dos semanas alcanzando su mayor valor a la quinta en Primavera, Verano y Otoño, y en la sexta para Invierno (3.5, 2.8, 2.0 y 1.9). La variación en la composición botánica y morfológica, el principal componente del forraje cosechado durante el periodo de evaluación fue la alfalfa, y su contribución varió ($P<0.05$) de 90 a 64 %; cuando se registró el mayor rendimiento de forraje la alfalfa representó el 85 % en Otoño y Primavera (2 848 y 3 978 kg MS ha⁻¹), y 77 y 69 % en Invierno y Verano (2 187 y 2 484 kg MS ha⁻¹). Con excepción de Invierno, donde la proporción de hoja de alfalfa fue mayor en las primeras tres semanas de rebrote, en las otras estaciones sólo en la primera semana fue más elevado. De la sexta a la octava semana se evidenció un descenso en el porcentaje de hoja en Verano y Primavera, en Otoño de la quinta a la octava, y en Primavera se mantuvo constante de la sexta a la octava.

Rivas *et al.* (2005) reportaron mayor relación hoja:tallo en Invierno y menor en Primavera en alfalfa con 1.04 y 0.84, pero en otro trabajo (Salas, 1998) se reportó mayor relación hoja:tallo en Verano. En una pradera asociada alfalfa-pasto ovinillo, encontró relaciones hoja:tallo de 0.8 en las variedades Cuf-101, Júpiter, Moapa y San Miguelito.

Si se considera que el consumo voluntario está relacionado directa y linealmente, con la digestibilidad del forraje, es conveniente tomar como base su variación estacional para acoplar la disponibilidad y calidad del forraje con los requerimientos de los animales (Hernández-Garay, 1995; Hodgson, 1996).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

La presente investigación se realizó en el Municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, en la Unidad de Producción Pecuaria denominada "Yeccan", que se encuentra en las coordenadas 16° 42' 29'' de Latitud Norte y 93° 00' 42'' de Longitud Oeste, a una altitud de 400 msnm. Chiapa de Corzo limita al Norte, con Soyaló y Osumacinta, al Oeste, con Tuxtla Gutiérrez, Suchiapa y Villaflores, al Este, con Zinacantán, Ixtapa y Acala, y al Sur con Villa Corzo (Figura 1). Tiene una extensión territorial de 906.7 km² lo que representa el 7.1 % del territorio de la región Centro, el 1.2 y 0.046 % de la superficie estatal y Nacional, respectivamente. El clima es A (Wo), cálido subhúmedo con lluvias en verano que se distribuye de Mayo a Octubre, la precipitación pluvial es 990 mm anuales, la temperatura media anual es 26 °C (García, 1988). En general la vegetación es selva baja y bosque de encino-pino en el Norte. Los principales ríos en este municipio son el Grande de Chiapa o Grijalva y sus afluentes Santo Domingo, el Chiquito, Majular, Nandaburé y Nandalumí (CTEIEG, 2007).

Esta Unidad de Producción Pecuaria (UPP) se dedica a la producción de leche y cuenta con más de 120 vientres bovinos encastados Suizo x Cebú. En Verano se encuentra sorgo forrajero y el pasto predominante en las praderas es *A. gayanus* Kunth CIAT 621. La UPP no tenía sistema de riego, no aplicaba fertilizantes de manera sistemática y no contaba con estudios de fertilidad de suelo. Sin embargo, destacaba el uso del tractor, picadora y principalmente el uso de desbrozadora para

el corte del pasto residual de la época de lluvias durante la sequía. El experimento se realizó en 2003 - 2004, en la pradera de *A. gayanus* Kunth CIAT 621, que tenía 2.5 años de establecida; ésta se manejaba bajo pastoreo y cosecha mecánica. Los suelos predominantes en ésta área corresponden a vertisoles de origen calcáreo (FAO, 1997).

3.2 Manejo de la pradera

En la pradera se delimitó un área experimental de 999 m² (37 x 27 m). En esta área se cuadraron con varillas 45 parcelas de 3 x 3 m, con una separación de 1 m entre ellos y 2 m entre bloques. Esta superficie fue cercada con 4 hilos de alambre de púas para impedir el acceso del ganado. Así mismo, para conocer las características del suelo, se realizó un muestreo a una profundidad de 0 - 20 cm, la muestra compuesta se secó a la sombra, se tamizó con malla 20, se identificó y se envió para su análisis físico-químico al Laboratorio de fertilidad de suelos del Programa de Edafología del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo.

3.2.1 Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos consistieron en nueve cortes a intervalos de diez días durante un ciclo de rebrote de 80 días, que distribuyeron en las parcelas de acuerdo a un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones (Figura 2). Esta aleatorización se realizó en cuatro ocasiones, debido a que se condujeron estudios de rebrote, en tiempo equivalentes; es decir, a medidas estacionales de Primavera, Verano, Otoño de 2003 e Invierno de 2004.

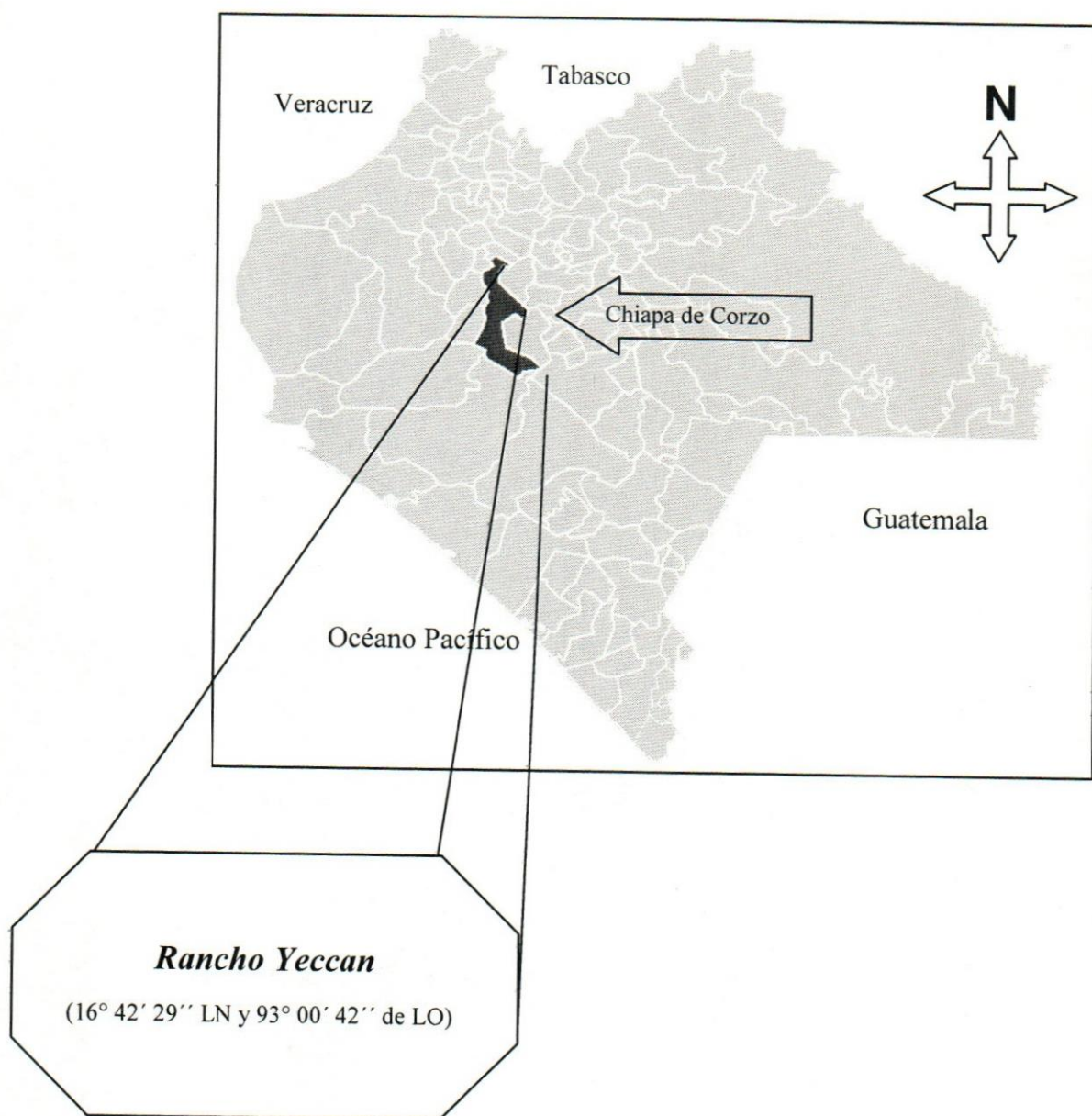


Figura 1. Localización del área de estudio.

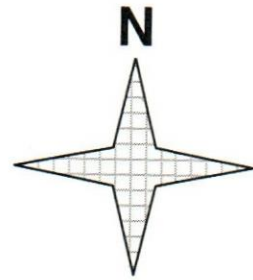
3.2.2 Conducción del experimento

Al inicio de cada ciclo de rebrote, se aplicó un corte de uniformización a 5 cm, por medio de una podadora calibrada a esta altura (Figura 3). Después de haber retirado el forraje en todas las parcelas, se realizó el corte correspondiente al primer tratamiento; en todos los rebrotes, los cortes se efectuaron a ras de suelo, con tijeras podadoras en cuadrantes de 0.80 x 0.80 m. A partir de este corte se muestrearon en la misma forma las parcelas de los tratamientos restantes, conforme a su disposición en el diseño experimental (Figura 2).

3.2.3 Variables a evaluar

3.2.3.1 Altura de plantas

Se evaluó utilizando la técnica descrita por Hernández-Garay (1996), mediante el uso de una regla *ad hoc* (sward stick), llamada también regla de la pradera. Dicha técnica indica colocar la regla en posición vertical, asentada en la base del pasto y luego bajar la barra indicadora hasta hacer contacto con la primera hoja joven. Se efectuaron 6 mediciones dentro del cuadrante en cada parcela previo corte.



3	5	7	4	6	2	8	1	9	V
8	2	1	7	9	5	4	6	3	IV
1	6	3	8	2	5	4	9	7	III
6	3	9	8	4	7	1	5	2	II
6	9	2	5	3	7	1	4	8	I

Figura 2. Distribución de los tratamientos para estudiar el crecimiento y estacionalidad de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote (2003 - 2004).



Corte de uniformización



Materiales utilizados.



Procesamiento de muestras en laboratorio.

Figura 3. Conducción del experimento en la pradera de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 y proceso de muestras en laboratorio, durante cuatro ciclos de rebrote (2003 -2004).

3.2.3.2 Acumulación de forraje

Posteriormente a las mediciones de altura se cortó el pasto en cada cuadrante en la forma descrita. El forraje cosechado se colocó en bolsas de plástico previamente etiquetadas y se transportó al laboratorio de bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Chiapas. El forraje de cada muestra se lavó con agua abundante de la llave y después con agua destilada, las muestras homogeneizaron y salvo un 25 % se depositaron en bolsas de papel debidamente identificadas, introduciéndolas al horno de secado con circulación de aire forzado a una temperatura promedio de 60 °C, durante 72 horas, tiempo suficiente para obtener su peso constante, por medio de una báscula de precisión.

3.2.3.3 Componentes morfológicos de rendimiento

La composición morfológica efectuó en la submuestra del 25 % del forraje cosechado, procesado como se indicó anteriormente. Por ello, se separaron láminas foliares, pseudotallos (tallos en fase vegetativa), tallos reproductivos, espigas y material muerto. Se colocaron inmediatamente en sobres etiquetados por repetición y se secaron en un horno de circulación de aire forzado en las condiciones referidas para obtener su peso constante, por medio de una báscula de precisión.

3.2.3.4 Índice de área foliar (IAF)

Para obtener este índice, del componente láminas foliares se tomó una submuestra aproximada del 25 % y se midieron las dimensiones de las láminas; se colocaron en bolsas etiquetadas para secarlas y anotar su peso en la forma ya

mencionada. El IAF se estimó por análisis de regresión lineal usando el paquete estadístico SAS (2003).

3.2.3.5 Tasa de crecimiento (TC)

Esta variable se calculó, a partir de los datos de la materia seca total (MST) de cada edad de rebrote, siguiendo los procedimientos descritos por Chapman y Lemaire (1993) y Hunt (1990). El ajuste de las curvas correspondientes a cada periodo de rebrote, se efectuó mediante el método Quasi-Newton del paquete Statistica versión 6.0.

3.2.3.6 Relación hoja:tallo y hoja:no hoja

Estas relaciones se calcularon a partir del peso de la materia seca de los componentes morfológicos, donde la "no:hoja" consistió de tallos + material muerto y espigas (en su caso).

3.2.3.7 Composición botánica

En la submuestra del 25 % del total cosechado ya referido, se separaron otros pastos, malezas y leguminosas, se colocaron en sobres etiquetados y se trataron de la forma descrita para obtener su peso.

3.3 Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las variables evaluadas se analizaron con los procedimientos MIXED y GLM del paquete SAS (2003). Al comparar entre ciclos de rebrote, el análisis se efectuó con el PROC MIXED para mediciones repetidas y para comparar los tiempos de corte dentro de cada rebrote se utilizó el PROC GLM. La

prueba de Tukey ($P < 0.05$) se utilizó la comparación de medias de los tratamientos, en caso de significancia estadística en el análisis de varianza.

3.4. Registro climatológico en el área de estudio

Los datos de temperatura a la interperie (mínima, media, máxima) y precipitación pluvial, son los únicos datos climatológicos que se registraron de los registros diarios de la caseta meteorológica "Puente colgante" debido a que es la más cercana al sitio experimental. Los datos se revisaron para obtener los valores correspondientes a los promedios semanales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Factores climatológicos[†] en la estación "Puente colgante" en Chiapa de Corzo, Chiapas durante los periodos de rebrote (2003 - 2004).

No.Rebrote/ Estación	Factor climatológico [‡]	Días después del corte de uniformización									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1 (Primavera)	T max. °C	40	29	37	37.5	42.5	42	35	32		
	T med. °C	29.2	21.7	27.7	31	33.5	33.5	28.5	27.5		
	T min. °C	18.5	14.5	18.5	24.5	24.5	25	22	23		
	Precipitación Pluvial (mm)	0	0	0	0	0	0	0	6.2		
2 (Verano)	T max. °C	32	36	35	37.5	37.5	35	36	34	36.5	37
	T med. °C	27.2	28.2	28.2	29.2	29	28.5	29	28.2	58	29.5
	T min. °C	22.5	20.5	21.5	21	20.5	22	22	22.5	21.5	22
	Precipitación Pluvial (mm)	22.5	0	15.8	0	0	13.5	2.1	0	0	2.5
3 (Otoño)	T max. °C	36	34.5	36.5	35.5	33	35.5	35	31		
	T med. °C	29	28	29	27.2	26.5	28	27	23		
	T min. °C	22	21	21.5	19	20	20	19	15		
	Precipitación Pluvial (mm)	1	0.5	0	0	0	0	0	0		
4 (Invierno)	T max. °C	34	31	29	38.5	37.5	38	39	40		
	T med. °C	23.5	23.5	21.5	29	27	28	28	30		
	T min. °C	13	16	14	19.5	16.5	17.5	17.5	20.5		
	Precipitación Pluvial (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0		

[†] Comisión Nacional del Agua (CNA)

[‡] Promedios semanales



Rebrote 1 (día 10)



Rebrote 1 (día 80)



Rebrote 2 (día 10)



Rebrote 2 (día 80)



Rebrote 3 (día 10)



Rebrote 3 (día 80)



Rebrote 4 (10 días).



Rebrote 4 (80 días).

Figura 4. Comportamiento de la pradera de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 en los rebrotes 1 (Primavera), 2 (Verano), 3 (Otoño) y 4 (Invierno).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Propiedades físico-químicas del suelo en el sitio experimental

Las características físico-químicas del suelo en el área de estudio se presentan en el Cuadro 3. Como puede observarse de acuerdo a Etchevers (2006), el suelo donde se encuentra establecida esta pradera tiene Textura Franco-Arcillo-Arenoso, su pH es moderadamente alcalino, sin problemas de salinidad, con niveles relativamente altos de Materia Orgánica y Nitrógeno, contenido medio de fósforo, niveles altos de Calcio y en Magnesio, contenido medio de Potasio y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) intermedia, por lo que se trató de un suelo de fertilidad media.

La moderada CIC posiblemente se explica por la naturaleza arcillo-arenoso del suelo y su contenido de materia orgánica; en tanto que la elevada cantidad de calcio intercambiable guarda relación estrecha con el origen de estos suelos, los cuales según la FAO (1997), corresponden a vertisoles de origen calcáreo; en consecuencia, en estos suelos fue posible detectar en cultivos como el sorgo, maíz y otras gramíneas, e incluso en algunas leguminosas herbáceas, síntomas de deficiencia nutrimental de cationes esenciales como hierro y magnesio.

Al respecto, Silva (2006) reportó después de varios años de investigación en México y en varios países de Latinoamérica, que el pasto *A. gayanus* Kunth CIAT 621 es una gramínea de excelente productividad de forraje aún en suelos de baja fertilidad, con pH bajo y alta saturación de Aluminio; así como en áreas con una

prolongada estación seca, en donde permanece verde en producción, resistiendo hasta 8 meses de sequía con crecimiento activo.

Sin embargo, bajo las condiciones de suelo y clima en el área de estudio, se recomienda aplicar Nitrógeno y Fósforo a niveles de mantenimiento; así como aplicarlos a la siembra de cualquier cultivo, en la pradera, para que exprese todo su potencial de rendimiento. Así para asegurar un buen crecimiento de la pradera, principalmente en suelos pobres se debe aplicar una fertilización adecuada consistente en 100 kg ha^{-1} de nitrógeno y $50\text{-}60 \text{ kg ha}^{-1}$ de fósforo en la fase de crecimiento (15 - 20 después de la siembra) y para de mantenimiento la aplicación de anual de 100 kg ha^{-1} de nitrógeno y $30\text{-}40 \text{ kg ha}^{-1}$ de fósforo (Eguiarte *et al.*, 1996; Silva, 2006).

Cuadro 3. Características físico-químicas del suelo en el área de estudio*.

Característica	Valor
pH (Relación agua: suelo 2:1)	8.3
Materia orgánica (%)	3.5
Nitrógeno total (%)	0.17
P-Olsen (ppm)	7.0
Capacidad de intercambio Catiónico CIC (cmoles kg ⁻¹)	24.5
Cationes intercambiables (cmoles kg⁻¹):	
Ca ⁺⁺	42.7
Mg ⁺⁺	4.2
K ⁺	0.4
Na ⁺	0.5
Textura	Franco-arcillo-arenoso
% Arcilla	27
% Arena	59
% Limo	14
Conductividad eléctrica C.E. (dSiemens m⁻¹)	0.14

* Análisis realizados en el Laboratorio de Fertilidad de suelos del Programa de Edafología, Campus Montecillo-Colegio de Posgraduados, Estado de México.

4.2 Altura de plantas

En Figura 5 se muestra la variación de la altura de la pradera durante los cuatro periodos de rebrote estudiados, hubo diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre la altura alcanzada en el rebrote 2 (Verano) y el resto de las estaciones ($P < 0.05$). En general, puede notarse que la altura de la pradera fue mayor durante el periodo de rebrote 2 (Verano) y menor durante el rebrote cuatro; mientras que existió un nivel intermedio de la altura en el rebrote tres, que fue mayor al registrado en el rebrote uno. Es importante resaltar que el comportamiento de la altura de la pradera, fué similar al de la acumulación de Materia Seca Total (MST) (Figura 6), ya que la altura de la pradera fue mayor conforme avanzó el tiempo de rebrote, alcanzando sus valores más altos al final de cada periodo de crecimiento.

Con relación a las alturas máximas alcanzadas en cada ciclo de rebrote (Figura 5), para el rebrote uno fue de 0.55 m, para el rebrote dos, la mayor altura fue de 3.01 m; sin embargo en el rebrote 3, puede notarse que la mayor altura se registró en el corte correspondiente al día 50 con 1.04 m (que coincidió con el inicio de la floración), y en el rebrote cuatro, nuevamente la pradera se mantuvo en etapa vegetativa, y se midió una altura máxima de 0.37 m, valor que fue estadísticamente igual al registrado en los otros muestreos.

Los datos generados en cada ciclo de rebrote sobre la altura de la pradera se relacionan con la producción de MST y MSHV (Figuras 6 y 7) por lo que se ratifica que esta variable es un buen indicador de forraje presente en la pradera (Hodgson, 1990).

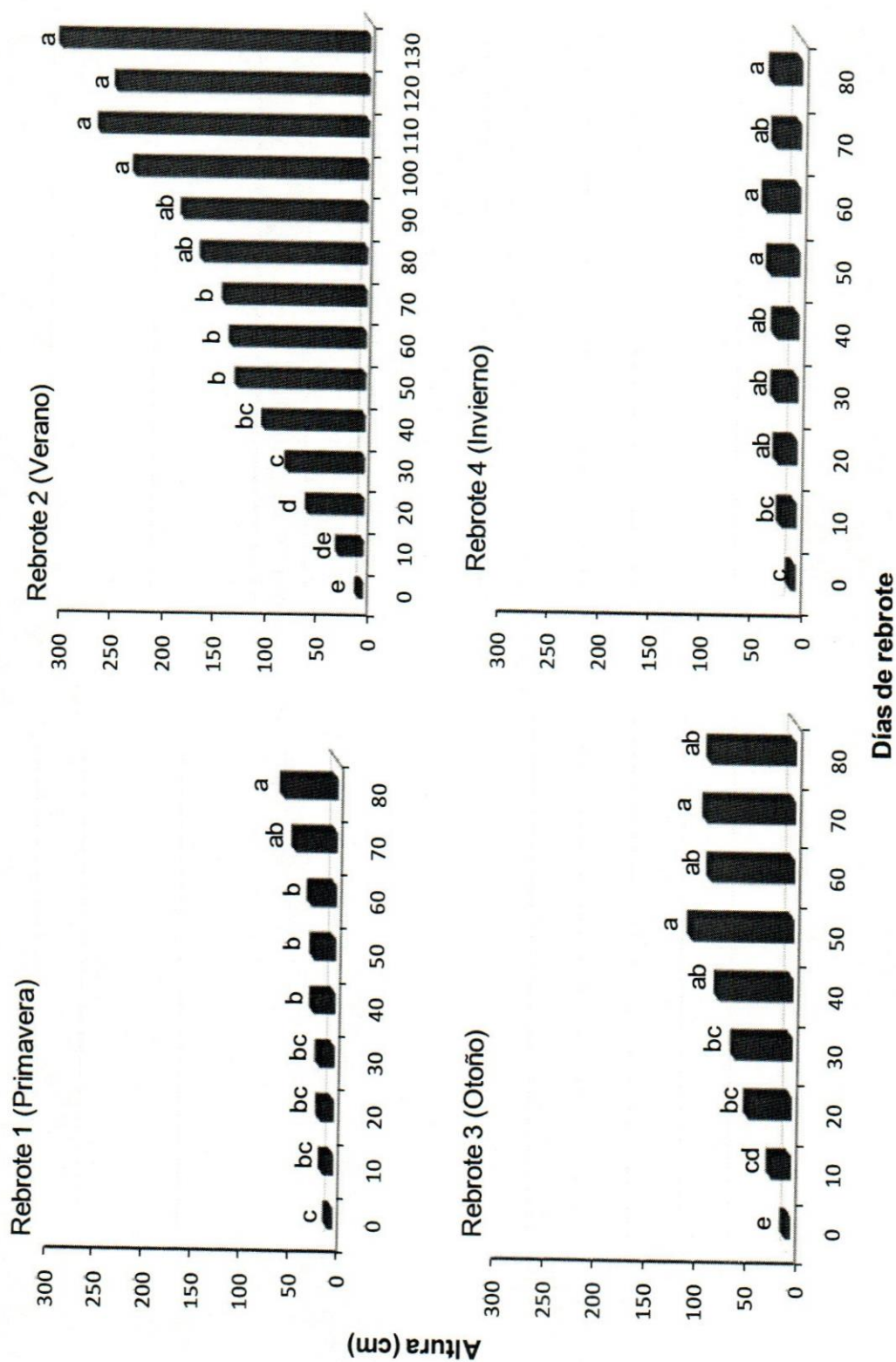


Figura 5. Altura de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote (2003 - 2004).

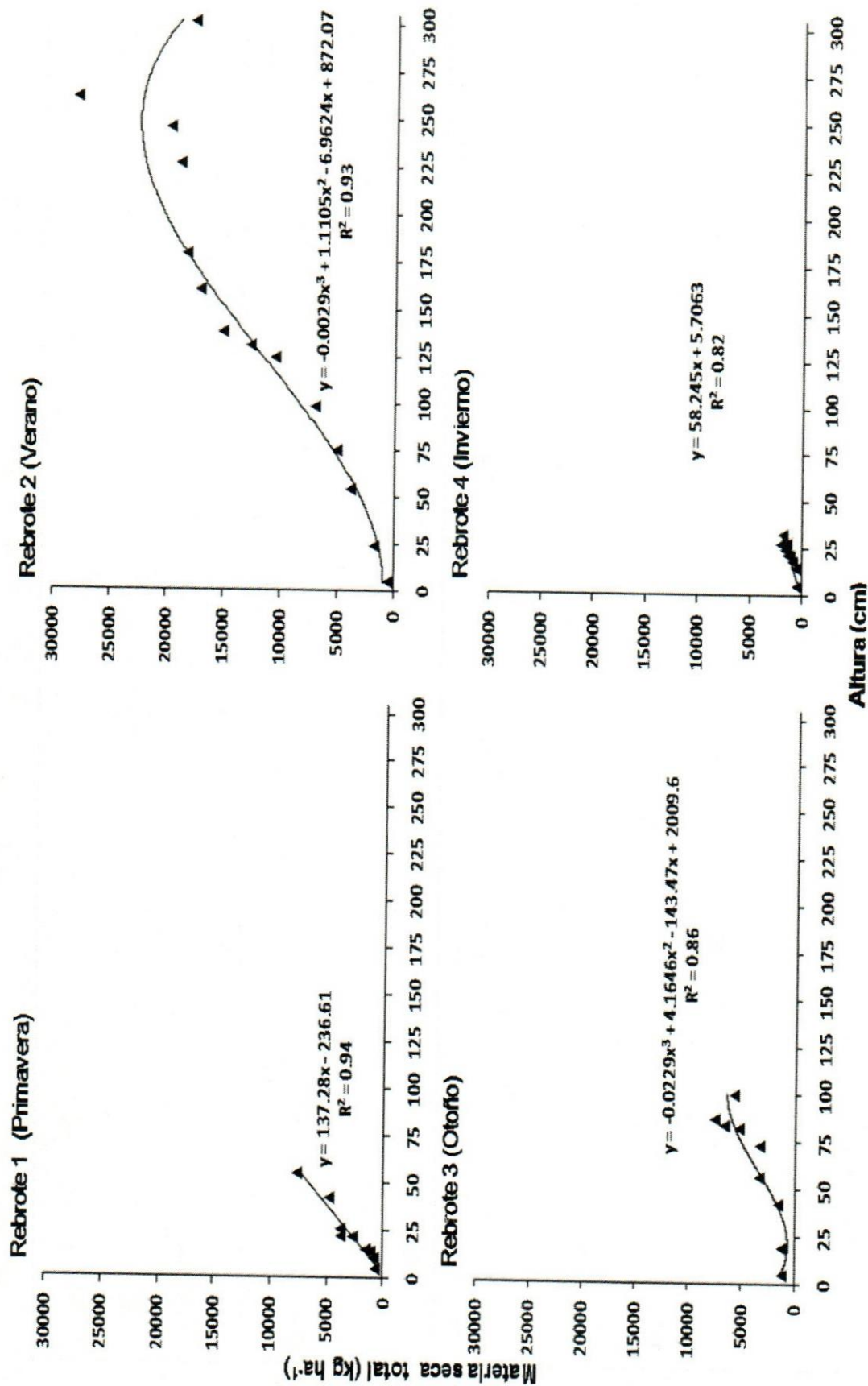


Figura 6. Relación de Materia seca total y altura del pasto *A. gayanus* Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote (2003 - 2004).

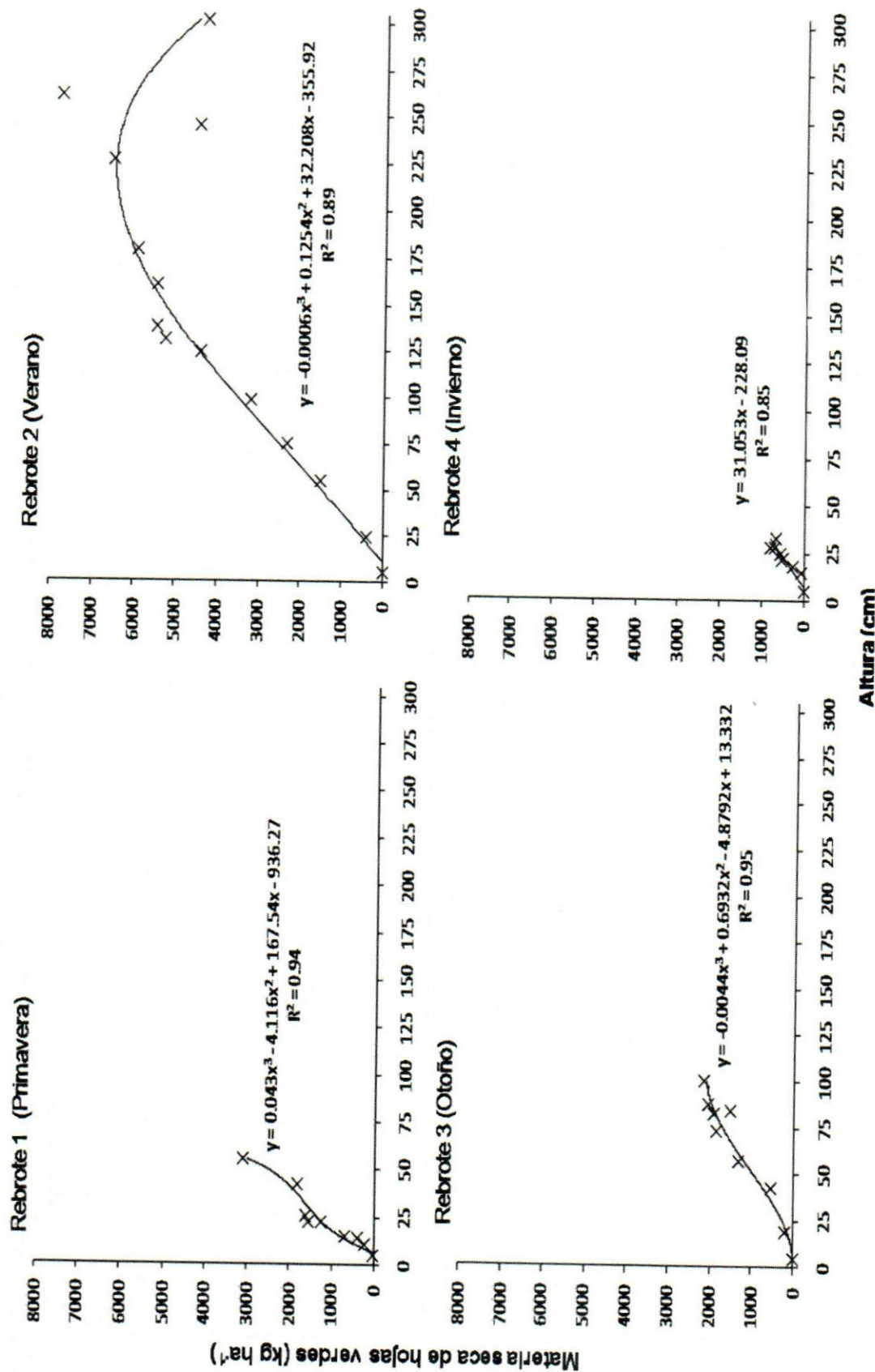


Figura 7. Relación Materia seca de hojas verdes y altura del pasto *A. gayanus* Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote, en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).

4.3 Acumulación de forraje y composición morfológica de rendimiento

En la Figura 8a, se describe la dinámica de producción de materia seca total y por componente morfológico, correspondiente al primer periodo de rebrote que se condujo en la estación de Primavera. Este rebrote inició sin láminas foliares, y el crecimiento de estas fue lento los primeros 20 días, posteriormente su desarrollo se aceleró hasta alcanzar una producción de materia seca de hojas verdes (MSHV) de 1700 kg ha^{-1} a los 40 días, posteriormente se mantuvo y volvió a registrarse un incremento significativo hacia el final del periodo de rebrote (80 días), cuando alcanzó $3000 \text{ kg MSHV ha}^{-1}$ ($P < 0.05$). De igual forma puede notarse que la materia seca de los pseudotallos (tallos vegetativos), registró un aumento significativo a partir de los 40 días, en tanto que la acumulación de material muerto (MM) fue significativamente mayor a los 80 días de crecimiento.

La acumulación de forraje y la composición morfológica del Llanero en el rebrote 2 que se condujo en Verano se puede observar en la Figura 9a. Al igual que en el rebrote anterior, la curva dio inicio sin láminas foliares; estas incrementaron gradualmente a los 60 días de crecimiento, cuando su desarrollo se estabilizó. A partir del día 40 se observó una producción de materia seca entre hojas y tallos, pero después a los 60 días la aportación de los tallos al rendimiento es mayor, hasta finalizar el rebrote. Así mismo se observó un incremento significativo del material muerto a partir de los 50 días hasta el término del rebrote, que se prolongó hasta los 130 días cuando se registró el inicio del espigamiento. Así como también que la mayor producción de materia seca total en este periodo de rebrote; se relaciona con

la uniforme distribución y mayores niveles de precipitación registradas en este periodo de crecimiento (Cuadro 2).

La acumulación de Materia Seca y composición morfológica del Llanero que se condujo en Otoño, se muestra en la Figura 10a. Al igual que en los rebrotes anteriores, éste inició sin láminas foliares y estas desarrollaron más lentamente, la producción se estabilizó a partir del corte efectuado el día 40 y alcanzó la máxima producción de materia seca de hojas en el corte de 50 días. En este periodo, tanto el material muerto como los tallos incrementaron significativamente su producción a partir del corte efectuado el día 30 y alcanzaron niveles superiores de producción de MS que las hojas a partir del corte del día 50. En este rebrote fue notable el cambio de tallos vegetativos a se registró desde los 70 días de rebrote. En dicha Figura es evidente que después de los 40 días de rebrote, la acumulación de materia seca total se debió al incremento significativo de tallos y material muerto, así como por el incremento considerable de tallos reproductivos. La disminución en el crecimiento y producción de forraje en este rebrote, se relaciona con la escasa precipitación registrada en este periodo (Cuadro 2).

La acumulación de forraje y por ende la composición morfológica del Llanero en el rebrote 4 conducido en Invierno (Figura 11a), fue el que mostró menor crecimiento en todo el año de estudio; como en los rebrotes anteriores, también inició sin láminas foliares, éstas se desarrollaron lentamente hasta el corte del día 30 y alcanzaron su máxima producción al los 50 días de crecimiento (Figura 11). El material muerto se acumuló en mayor proporción a los 40 días y permaneció estable en los cortes siguientes; de igual forma la producción de MS de tallos alcanzo su nivel máximo en el corte del día 50, y se estabilizó en los cortes subsecuentes hasta el final del

rebrote. La menor producción del pasto llanero en este ciclo de rebrote se relaciona claramente con la falta de precipitación pluvial y las temperaturas bajas registradas en dicho periodo (Cuadro 2).

Comparando los 4 ciclos de rebrote Figura 12, puede observarse que el crecimiento varió entre ellos, siendo estadísticamente superior ($P < 0.05$) la acumulación de forraje en el ciclo de rebrote 2 correspondiente a Verano, cuando la TC aumentó rápidamente después del corte inicial hasta alcanzar un nivel máximo que coincidió con la mayor cantidad de materia seca de hojas verdes, que registró valores a partir de los 45 días de 5000 kg ha^{-1} , y 45 %, 30 % y 20 % de esta cantidad en los rebrotes 3, 1 y 4, respectivamente. En consecuencia, puede advertirse mayor acumulación de MSHV y MS total al final de rebrote 2. Es importante señalar que, si bien el crecimiento inicial de las hojas es rápido y gradual, se estabilizó a los 40, 60, 40 y 30 días en los rebrotes 1, 2, 3 y 4 respectivamente, por lo que el aumento posterior en la acumulación de forraje se debió al incremento progresivo en tallos y material muerto, ya que la materia seca de hojas se estabilizó y declinó con la floración.

Es importante resaltar, que después de que el crecimiento de las hojas se estabilizó, la acumulación de material muerto (MM) fue en aumento en todos los ciclos de rebrote ($P < 0.05$). El comportamiento de los componentes morfológicos de rendimiento de *A. gayanus* Kunth CIAT 621, especialmente de las hojas, sugiere cosechar el pasto antes de que se estabilice el crecimiento de estas, ya que posteriores incrementos de materia seca total en todos los ciclos rebrote, se debieron más bien al incremento de la MS de tallos y MM en la pradera, como es

recomendado por otros autores en diferentes gramíneas (Hernández-Garay, 1995; Lemaire, 2001; Gutiérrez, 2008).

4.4 Índice de área foliar (IAF)

En la Figura 8b, se muestra el comportamiento del índice de área foliar (IAF) en el ciclo de rebrote 1, observando una notable correspondencia de esta, con la materia seca de las hojas verdes (Figura 8a). El modelo que mejor explicó la dinámica del IAF, fue polinomial de 3er. Grado, con un coeficiente de correlación de 0.99, que se considera muy acertado. En este ciclo de rebrote, el aumento significativo en el crecimiento del pasto a partir de los 80 días, se relaciona directamente con la lluvia registrada en ese periodo, mostrando claramente su gran capacidad productiva del pasto sin restricciones de humedad y temperatura (dado que la MSH incremento en 75 %), considerando que las altas temperaturas, indicaron que tampoco hubo limitación de radiación solar (Cuadro 2). Es importante señalar que en este primer ciclo de rebrote, los componentes que más impactaron la acumulación de materia seca total fue la materia seca de hojas y materia seca de tallos.

En la Figura 9b, se muestra el comportamiento del IAF en el rebrote 2 (Verano), como en el rebrote anterior, pudo observarse el mejor modelo que explica su comportamiento nuevamente es polinomial de 3er. Grado del IAF, con un coeficiente de correlación de 0.88, la concordancia con la acumulación de materia seca de hojas y tallos se muestra en las figuras 9 y 14.

La dinámica del IAF en el rebrote 3, se ajustó a la observada en la disminución similar a la biomasa de las hojas verdes (Figura 10b), y el modelo que mejor explicó

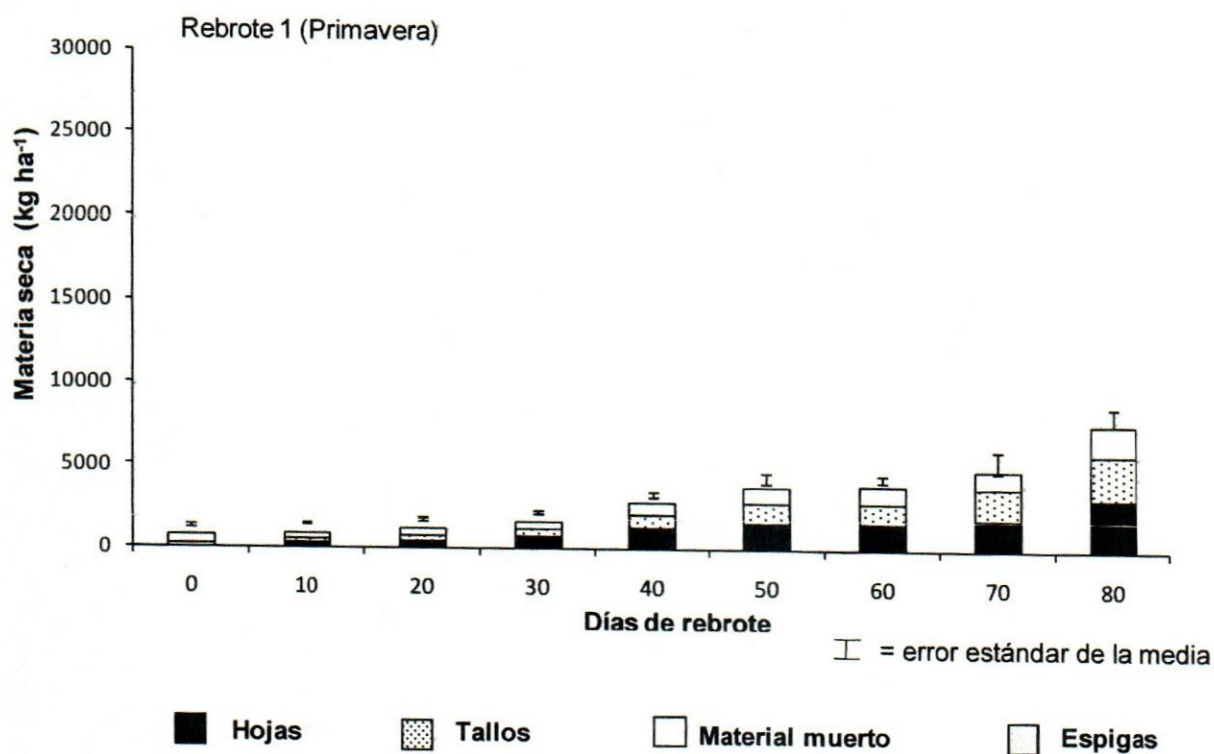
su comportamiento fue polinomial de 3er. Grado, con un coeficiente de correlación 0.95.

Como puede apreciarse en la Figura 11b, el IAF en el ciclo de rebrote 4 (Invierno) disminuyó considerablemente, aunque al igual que los rebrotes anteriores guardó estrecha relación con la producción de biomasa de hojas verdes; a su vez, el modelo que mejor explicó su comportamiento fue un polinomial de 2do. Grado con un coeficiente de correlación de 0.89.

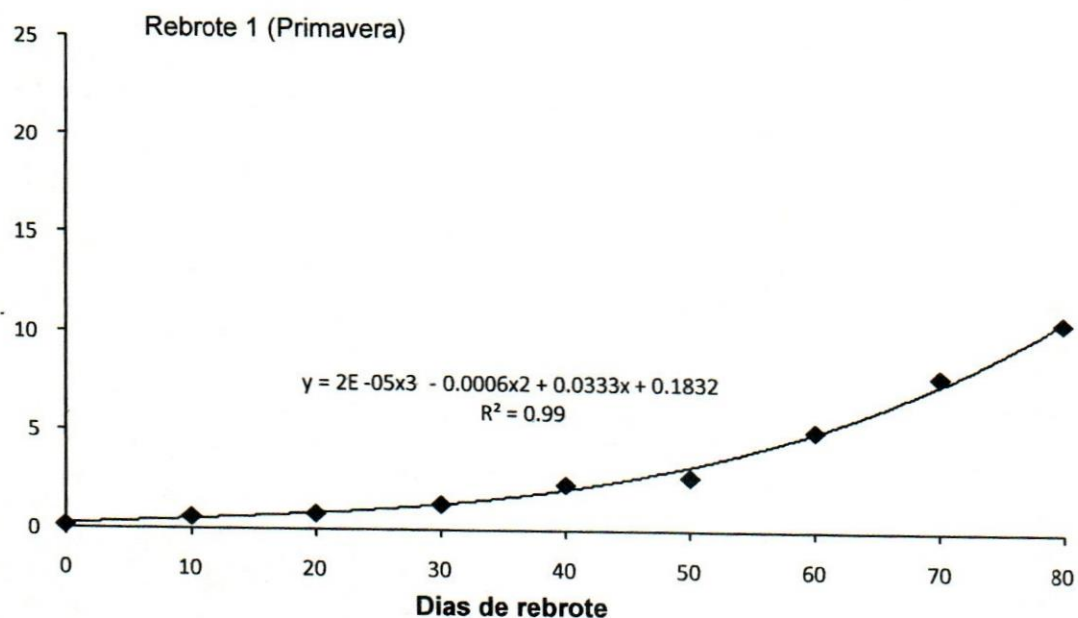
Está documentado en estudios que han analizado el crecimiento de las gramíneas en otras latitudes (Velasco *et al.*, 2001). Igualmente Hodgson (1990) señaló que el IAF es uno de los mejores indicadores del rendimiento de los pastos, debido a la relación estrecha entre ambas variables, motivando aun mas esta investigación para conocer sus valores en *A. gayanus* Kunth CIAT 621 bajo las condiciones locales.

La comparación de la acumulación de forraje y composición morfológica en los 4 periodos de rebrote se muestra en la Figura 12 en tanto que la relación con el IAF en la Figura 13. Es importante puntualizar que la materia seca de hojas verdes (MSHV) es el componente que más contribuye al rendimiento mientras que los pastos se encuentran en etapa vegetativa; así mismo, que conforme aumenta el tiempo de rebrote, la biomasa de hojas verdes se estabiliza y que posteriores aumentos en el rendimiento son debidos al incremento de los tallos y el material muerto, los cuales incrementan aún más si se permite a la pradera llegar a la etapa reproductiva. Eventos similares han sido reportados en la región templada en los pastos Ovillo (*D. glomerata*) y Ballico (*L. perenne*) por Velasco *et al.* (2001) y Velasco *et al.* (2002). Así mismo la estrecha relación entre la materia seca de hojas verdes y

el IAF (Figura 14), ha sido mencionado por Hodgson (1990) en algunos pastos templados especialmente Ballico (*L. perenne*), en donde concluye que el IAF es uno de los mejores indicadores del rendimiento de estos pastos. La acumulación de material muerto si el pasto no se cosecha (corte o pastoreo) oportunamente ha sido evaluada que puede llegar a ocupar hasta el 50 % del forraje en las praderas lo que en consecuencia decrementa sustancialmente la calidad de forraje que se le ofrece a los animales (Hodgson, 1996 y Velasco *et al.*, 2005).

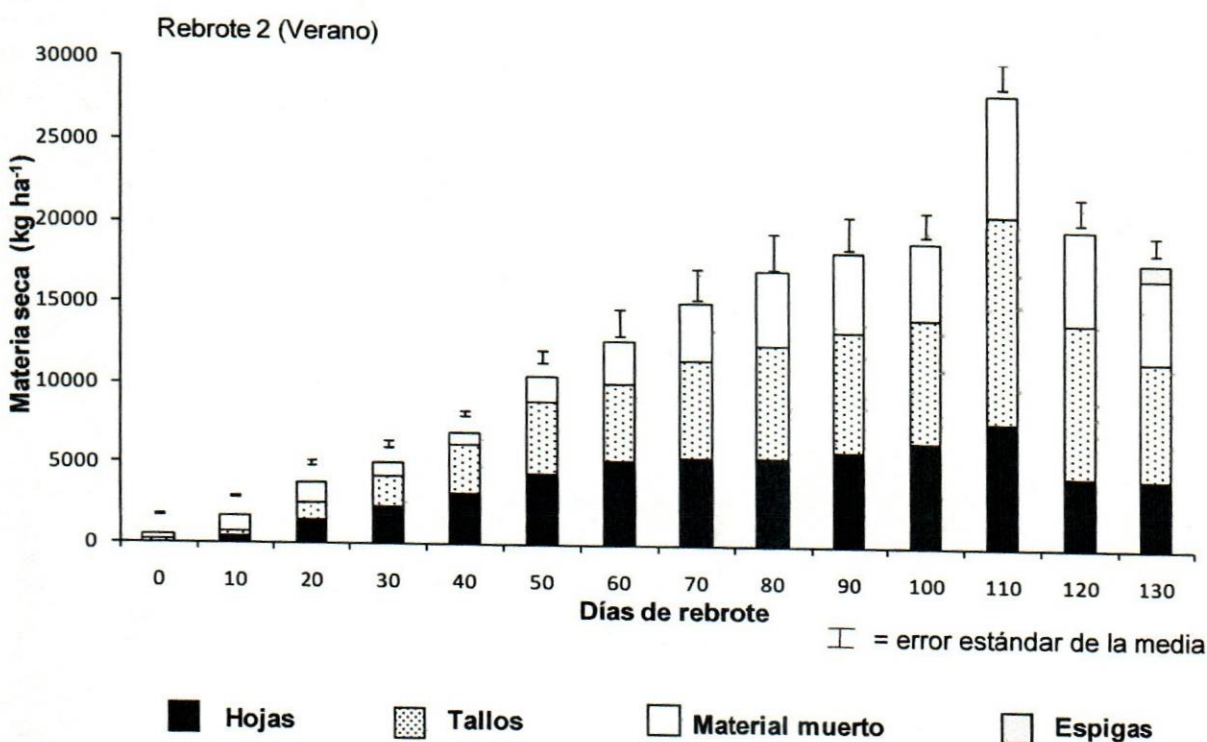


a) Producción de materia seca total y componentes morfológicos

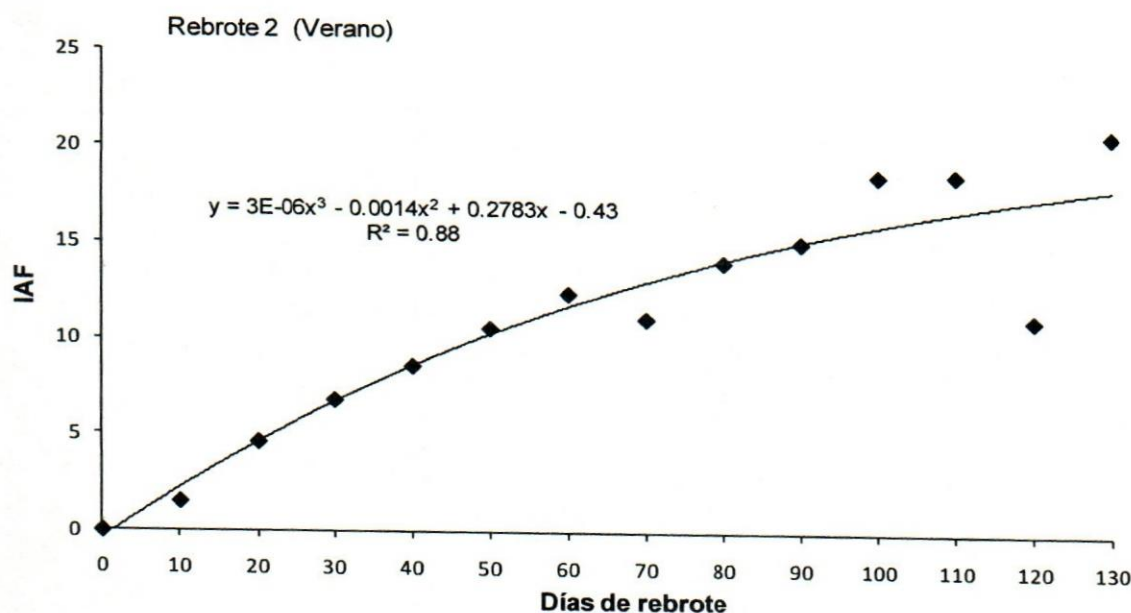


b) Índice de área foliar

Figura 8. Composición morfológica (a) e IAF (b) de *A. gayanus* Kunth CIAT 621, durante el rebrote 1 en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).

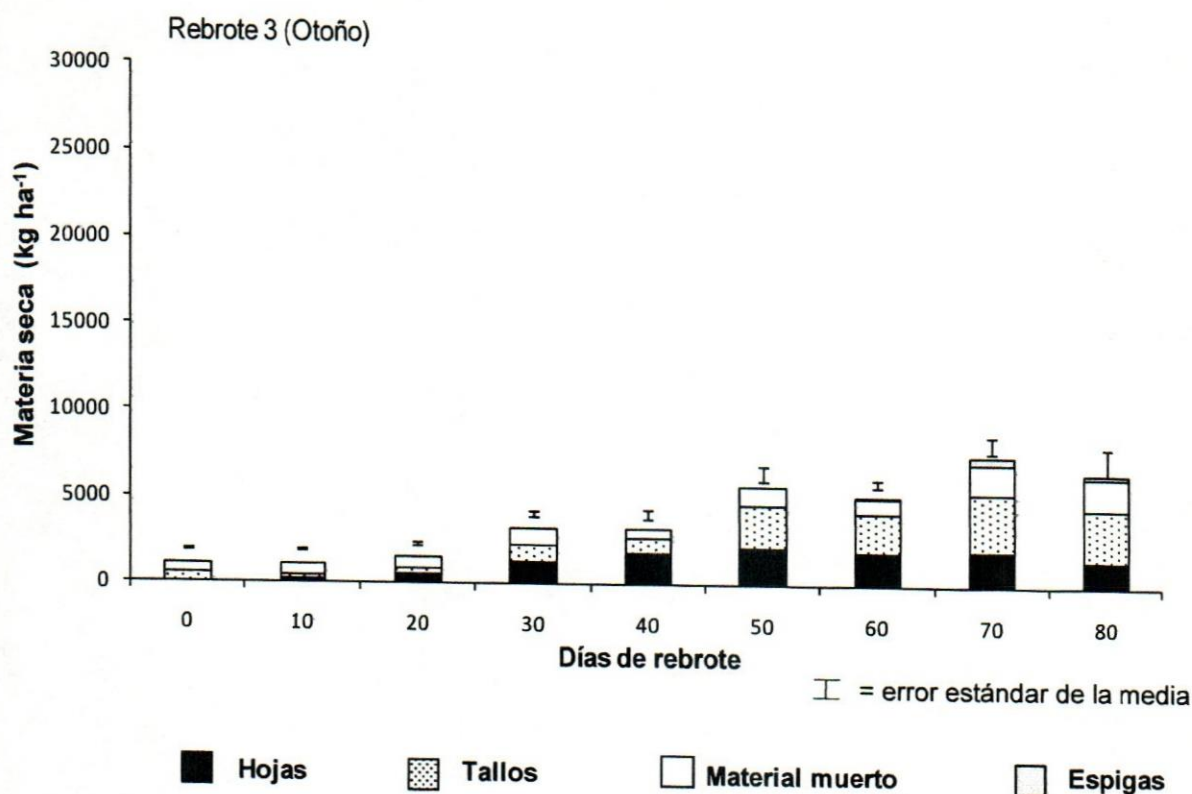


a) Producción de materia seca total y componentes morfológicos

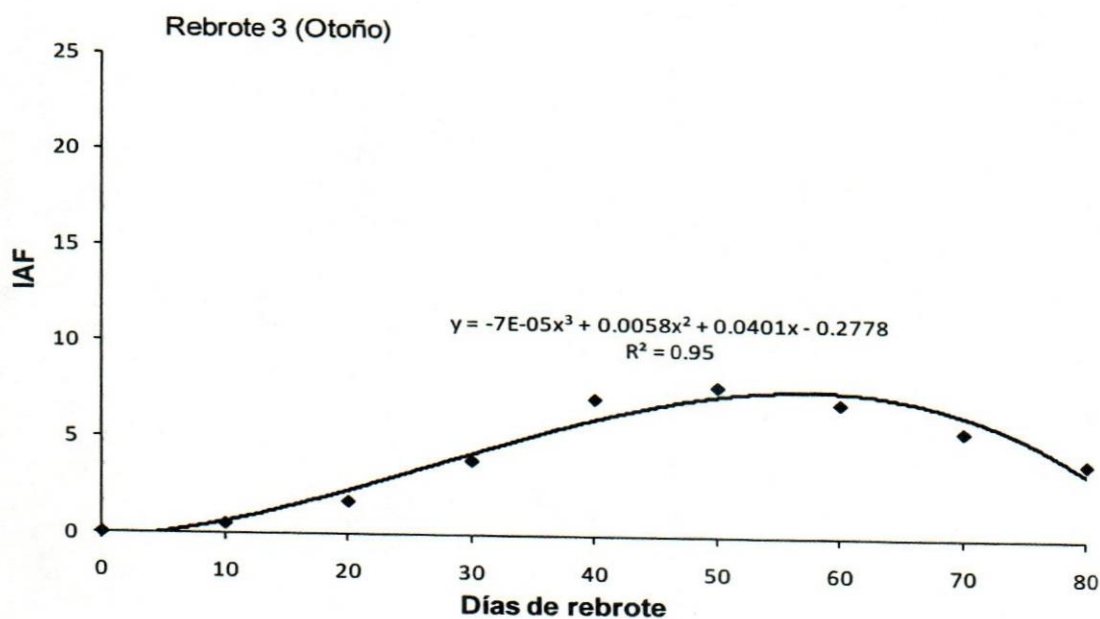


b) Índice de área foliar

Figura 9. Composición morfológica (a) e IAF (b) de *A. gayanus* Kunth CIAT 621, durante el rebrote 2 en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).

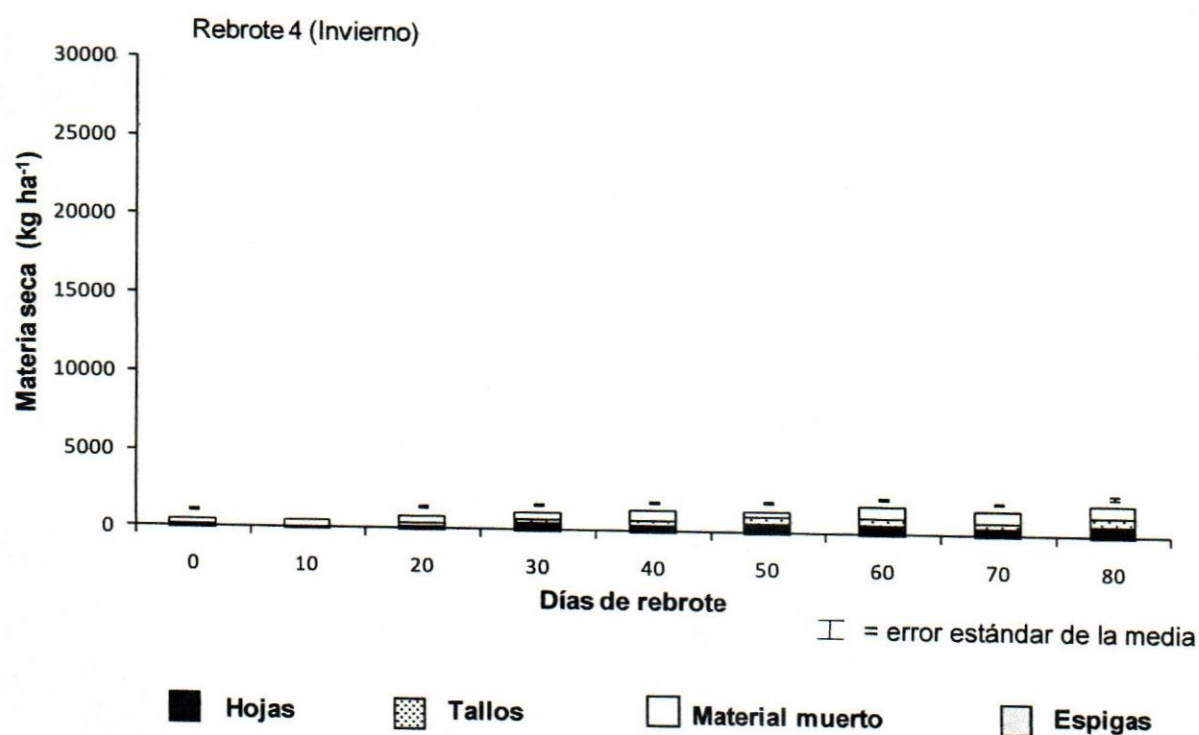


a) Producción de materia seca total y componentes morfológicos

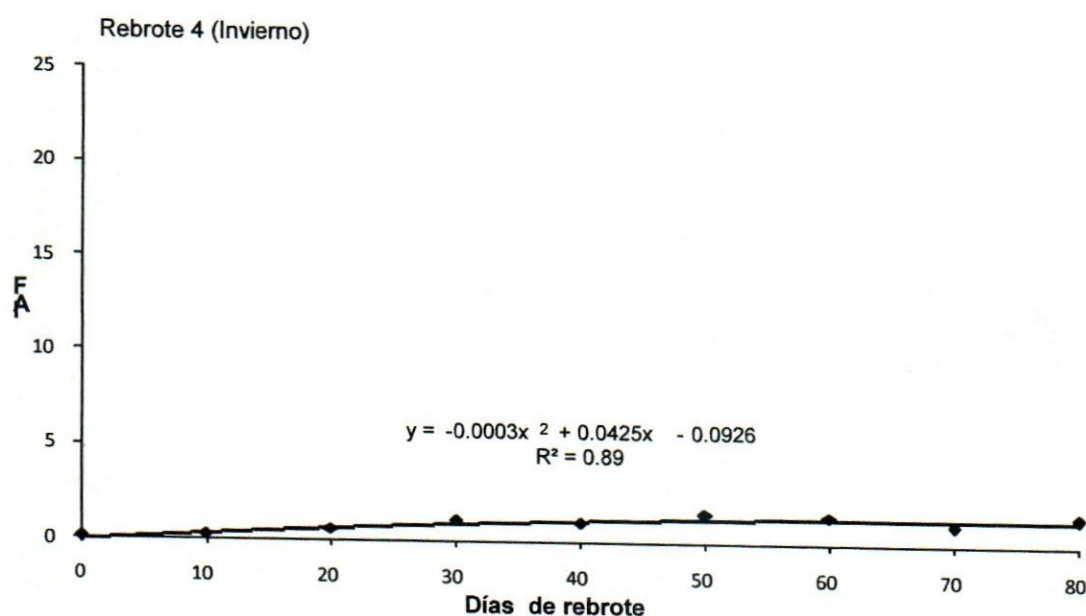


b) Índice de área foliar

Figura 10. Composición morfológica (a) e IAF (b) de *A. gayanus* Kunth CIAT 621, durante el rebrote 3 en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).

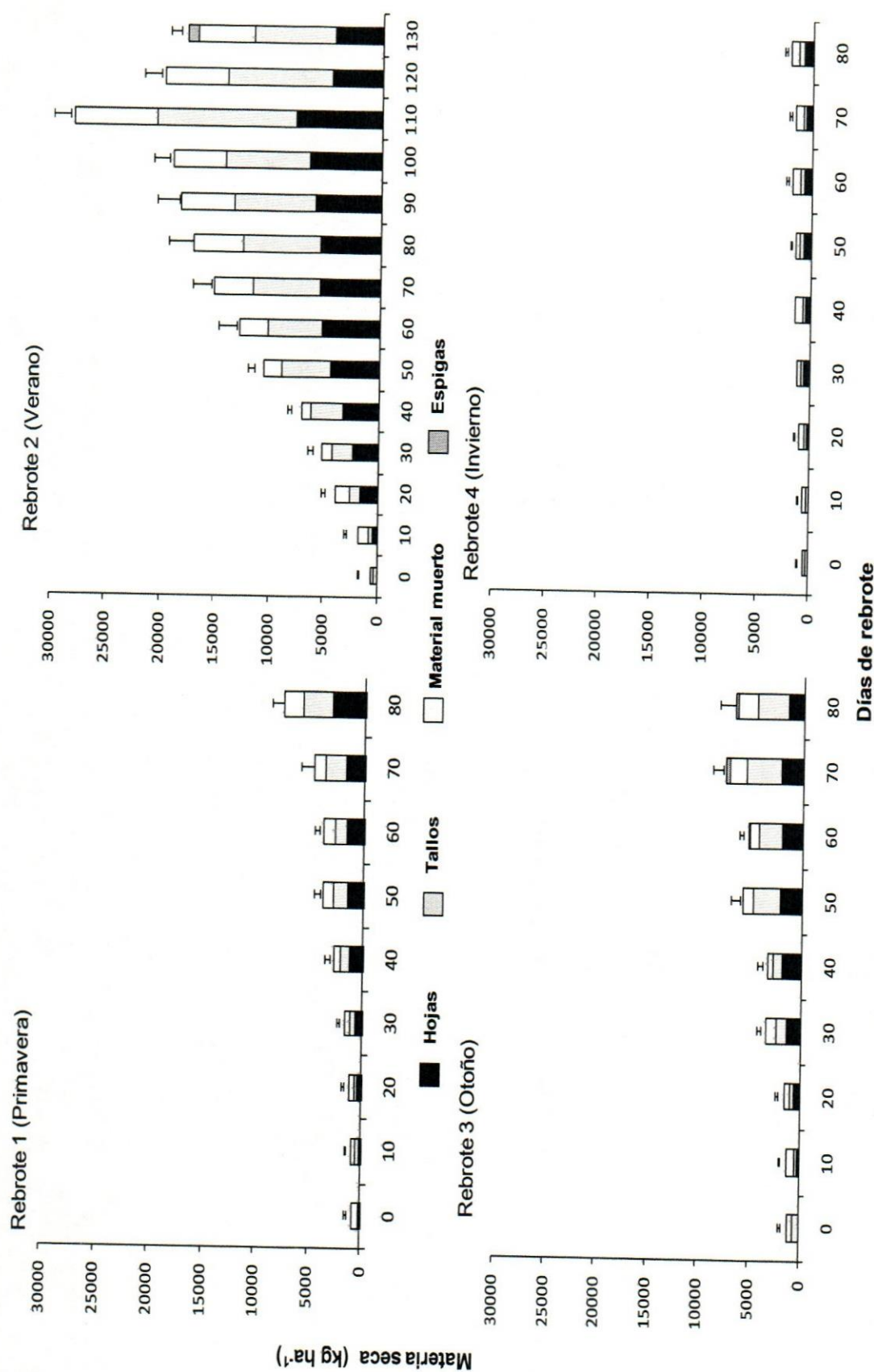


a) Producción de materia seca total y componentes morfológicos



b) Índice de área foliar

Figura 11. Composición morfológica (a) e IAF (b) de *A. gayanus* Kunth CIAT 621, durante el rebrote 4 en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).



┌ = error estándar de la media

Figura 12. Acumulación de materia seca total y por componente morfológico del pasto Llanero *A. gayanus* Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote, en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).

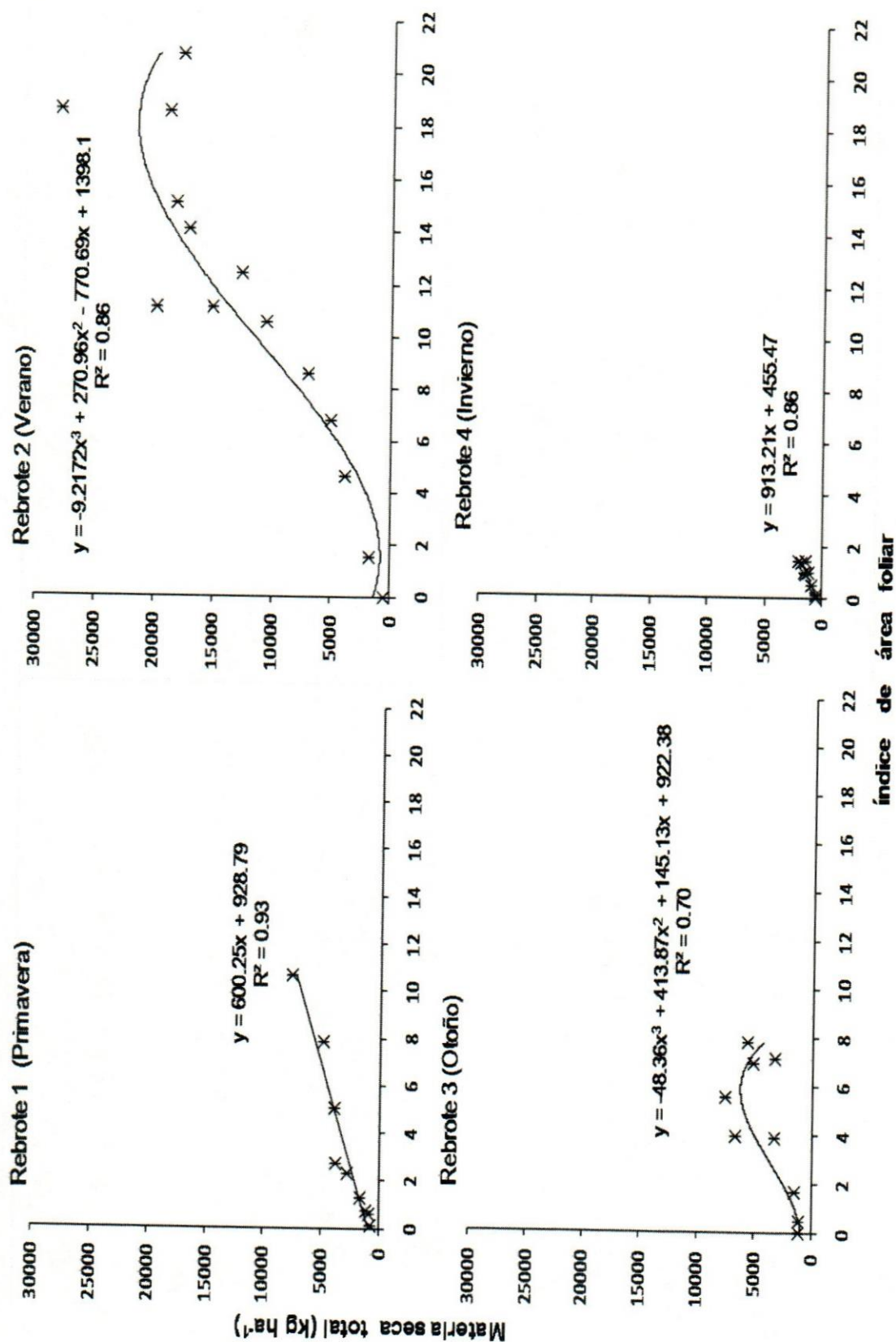


Figura 13. Relación Materia seca total e índice de área foliar del pasto Llanero *A. gayanus* Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote, en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).

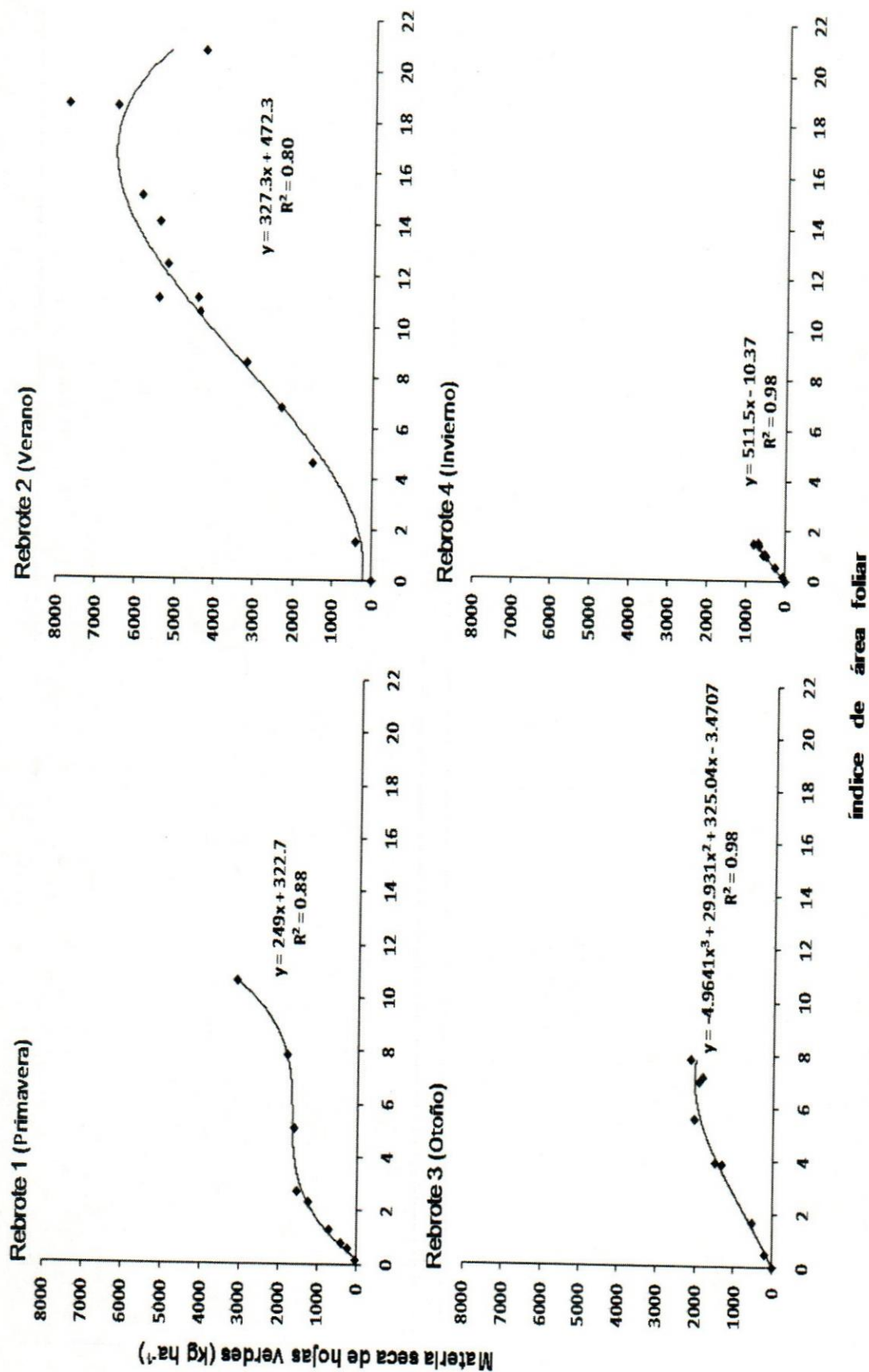


Figura 14. Relación Materia seca de hojas verdes e índice de área foliar del pasto Llanero *A. gayanus* Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote, en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).

4.5 Tasa de crecimiento (TC)

Las curvas de la TC del pasto Llanero *A. gayanus* Kunth CIAT 621 en los cuatro ciclos de rebrote estudiados 2003 - 2004, se muestran en la Figura 15.

Puede observarse que la TC a excepción de la obtenida en invierno, todas las curvas incrementaron gradualmente hasta alcanzar un valor máximo. Así mismo, pueden apreciarse notables diferencias entre ellas ($P < 0.05$), destaca el rebrote 2 conducido en Verano, donde la TC de los 45 – 70 días prácticamente alcanzó a producir 200 kg de materia seca $\text{ha}^{-1}\text{día}^{-1}$ y la máxima registrada en el año superó a los rebrotes 3 (Otoño), 1 (Primavera) y 4 (Invierno) en 52, 69 y 87 %, respectivamente. Se aprecia que la TC descendió en el siguiente orden: Verano, Otoño, Primavera e Invierno, con los siguientes valores máximos: 200, 96, 62 y 26 kg de materia seca $\text{ha}^{-1}\text{día}^{-1}$, respectivamente. Esto implica que en Primavera habrá de cosecharse a partir de los 30 días, en Verano a partir de los 45 y Otoño e invierno a partir de los 40 días en, al tiempo cuando la TC alcanza su valor mayor, el cual se presenta una semana antes de que la biomasa de hojas se estabilice, en concordancia a lo señalado por Chapman y Lemaire (1993) y Velasco *et al.* (2002).

Gutiérrez (2008) condujo un experimento alterno al que aquí se presenta con el pasto Mombasa; en estos mismos cuatro ciclos de rebrote en vertisoles muchos más arcillosos que donde creció el Llanero en este estudio. Al evaluar la TC reportó que en el ciclo de rebrote 2 equivalente a Verano, la TC entre los 40 y 50 días fue de 125 kg de MS $\text{ha}^{-1}\text{día}^{-1}$, que fue la máxima registrada y que superó significativamente a los demás ($P < 0.05$). Igualmente describió que la TC descendió en el siguiente orden: Verano, Primavera, Otoño e Invierno, con los siguientes valores máximos para cada

uno de ellos: 125, 105, 65 y 35 kg de materia seca $\text{ha}^{-1}\text{día}^{-1}$, respectivamente; este autor concluyó que el Mombasa en primavera habrá de cosecharse entre los 20 y 30 días, en Verano cada 40 días, en Otoño entre los 30 y 40 días y alrededor de los 45 días en Invierno.

En estudio realizado por González y Ramírez (2007) reportaron que al evaluar la TC del pasto Tanzania en cuatro ciclos de rebrote. La máxima TC se registró en el ciclo de rebrote 1 conducido en Primavera (105 kg de MS $\text{ha}^{-1}\text{día}^{-1}$) en los primeros días posteriores al corte de uniformización. Informaron el siguiente orden de descenso de la TC: Primavera, Verano, Otoño e Invierno y cuyos valores máximos son: 105, 72, 50 y 8 kg de MS $\text{ha}^{-1}\text{día}^{-1}$.

De lo anterior, es evidente que el mayor potencial de forraje del Llanero tanto en Verano, como en Otoño, que representan el periodo lluvioso en esta Región (Cuadro 2); sin embargo, es importante señalar su extrema dependencia respecto a la disponibilidad de agua, aunque logre mantener su crecimiento a niveles óptimos durante la Primavera e Invierno, mientras que el Mombasa manifestó una buena respuesta productiva en Primavera. Es importante señalar que las restricciones de precipitación y temperatura en Invierno limitaron el crecimiento de los tres pastos

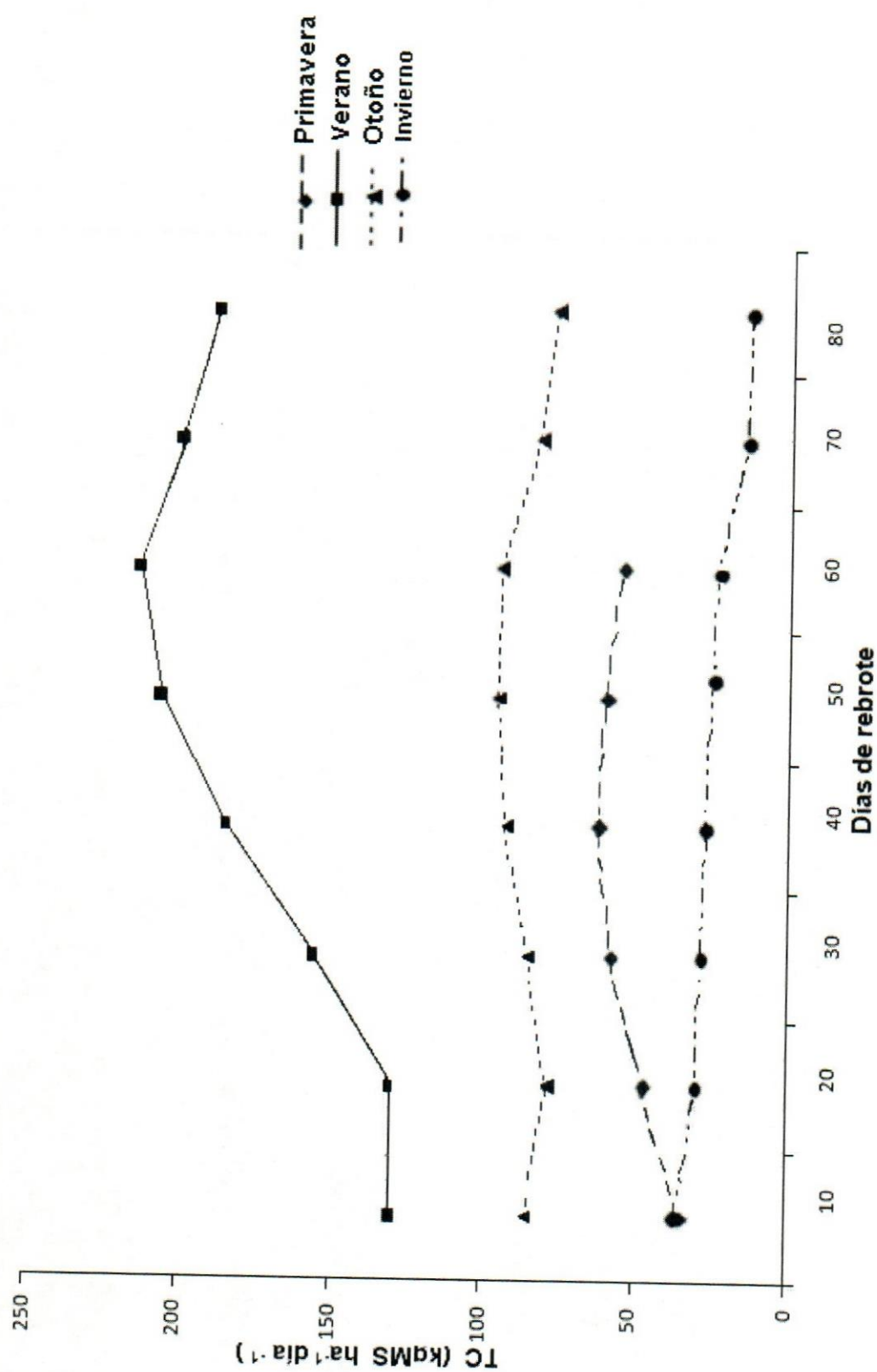


Figura 15. Fluctuación en la tasa de crecimiento (TC) de *A. gayanus* Kunth CIAT 621, durante cuatro ciclos de rebrote en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).

4.6 Relación hoja:tallo y hoja:no hoja

Las variaciones estacionales de la relación hoja:tallo y hoja:no hoja (h:t y h:noh) del pasto *A. gayanus* Kunth CIAT 621 durante los cuatro periodos de rebrote se muestran en el Cuadro 4. En general se observa que en los rebrotes 2 y 3 correspondientes a las estaciones de Verano y Otoño, la relación h:t mostró los valores más elevados; mientras que en los rebrotes 1, 2 y 3 (Primavera, Verano y Otoño) se registraron los valores mas altos de la relación h:noh. Es importante notar que la relación h:t alcanzó un valor máximo en todos los ciclos de rebrote y que posteriormente mostró un descenso marcado, sobre todo en Verano y Otoño (Figura 16). Específicamente, en el rebrote uno la relación hoja:tallo tuvo su mayor valor de 1.8 a los 30 días ($P \leq 0.05$). En el rebrote 2 (Verano) al día 40 la relación hoja:tallo fue de 3.7 y fué el valor más alto no sólo de este rebrote, sino también de los cuatro ciclos de rebrote estudiados ($P \leq 0.05$). En el rebrote tres, el valor más alto de la relación hoja:tallo se registró a los 50 días ($P \leq 0.05$). En el rebrote cuatro, el máximo valor registrado de la relación h:t (2.0), se registró a los 30 días y fue estadísticamente superior ($P \leq 0.05$) a los valores alcanzados en los cortes previos.

Con relación a la hoja:no hoja, puede apreciarse que en el rebrote uno, el valor más alto (0.8) se obtuvo a partir del día 30, aunque sin diferencia estadística con los valores alcanzados del día 20 al 60 de este ciclo de rebrote ($P \leq 0.05$). En el rebrote dos, el valor más alto (0.8) se presentó a los 40 días, pero estadísticamente fué igual que el obtenido a partir del día 30 a 60 días de rebrote ($P \leq 0.05$). En el rebrote tres, desde los 40 días (0.5) se alcanza la categoría del valor más alto, el cual se presentó a los 50 días (0.7); en tanto que, en el rebrote cuatro, la relación hoja:no hoja más

alta se registró a los 30 días con valor de 0.5 y se mantuvo hasta el final del rebrote ($P \leq 0.05$). Las diferencias en el comportamiento de la hoja:tallo y hoja:no hoja pueden apreciarse gráficamente en la Figura 16.

Los valores en la relación hoja:tallo en el rebrote uno, se relacionan con una mayor tasa de recambio de tejido que experimentan los pastos manejados en estas condiciones, ya que en Primavera existe mayor luminosidad (Velasco *et al.*, 2001). De igual forma el marcado descenso tanto de h:t y h:no h al final de todos los ciclos de rebrote, se relacionan con el incremento de senescencia (MM) y/o la diferenciación de tallos reproductivos, como ha sido reportado en gramíneas de otras latitudes (Chapman y Lemaire, 1993).

Con relación al mayor valor de hoja:tallo encontrado en este estudio en Otoño, Gutiérrez (2008) reportó resultados similares al evaluar la fluctuación estacional del crecimiento de *P. maximum* Cv. Mombasa en la Región Central del Estado de Chiapas, donde la relación hoja:tallo registró sus valores más altos durante el corte efectuado el día 60 del rebrote tres (Otoño) y menores durante la Primavera ($P \leq 0.05$).

González y Ramírez (2007) reportaron valores similares al evaluar los patrones de crecimiento de *P. maximum* Cv. Tanzania en cuatro rebrotes equivalentes a las estaciones del año, indicando que entre los 40 y 50 días se alcanzó la máxima relación hoja:tallo de 1.6 para los rebrotes 1 y 2 y de 1.5, 1.4 para los rebrotes 3 y 4, respectivamente. De igual forma, los valores máximos de la relación hoja:no hoja fueron 0.9, 0.9, 0.8 y 0.4 para los rebrotes 1 al 4, respectivamente. Así mismo, encontraron que los valores de ambas relaciones disminuyen al final de los periodos

de rebrote a consecuencia del aumento en la magnitud de tallos y MM, como han reportado Hernández-Garay *et al.* (1997) y Velasco *et al.* (2001). En los rebrotes 2 y 3 que fueron los periodos en los que se registró la etapa reproductiva del Cv Tanzania, este efecto se acentuó y seguramente se relaciona con el alargamiento de los tallos de las gramíneas durante la floración que ha referido Muslera y Ratera (1991) en gramíneas de clima templado.

La dinámica obtenida de la relación hoja:tallo y hoja:no hoja en este estudio, coincide con lo reportado en los Cv. referidos del *P. maximum* durante el rebrote posterior a una defoliación, en lo que es importante definir el tiempo en el que se alcanza la mayor cantidad de hojas en la pradera y las menores perdidas por senescencia o cambios fisiológicos en la pradera (Hernández-Garay, 1995; Hodgson, 1996; Ramírez *et al.*, 2009).

Así mismo, resultó importante el comportamiento de la relación hoja:no hoja, el cuál ayuda a determinar el tiempo óptimo de cosecha, aunque a la fecha sea una variable poco estudiada, tal y como reporta Ramírez *et al.* (2009) en un estudio con el *P. maximum* Cv. Mombasa en el Estado de Guerrero.

Cuadro 4. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote (2003 - 2004).

Días de rebrote	Rebrote 1		Rebrote 2		Rebrote 3		Rebrote 4	
	h:t	h:noh	h:t	h:noh	h:t	h:noh	h:t	h:noh
0	0.3 ^c	0.1 ^c	0.8 ^c	0.4 ^{bc}	0.9 ^c	0.5 ^{ab}	0.0 ^d	0.0 ^c
10	0.7 ^c	0.4 ^{bc}	0.4 ^c	0.3 ^c	0.4 ^c	0.3 ^c	0.7 ^c	0.1 ^c
20	1.4 ^{ab}	0.5 ^{ab}	0.8 ^c	0.4 ^{bc}	0.7 ^c	0.4 ^{bc}	1.4 ^{bc}	0.3 ^{ab}
30	1.8^a	0.8^a	2.1 ^{ab}	0.7 ^a	1.0 ^{bc}	0.5 ^{ab}	2.0^a	0.5^a
40	1.5 ^a	0.8 ^a	3.7^a	0.8^a	1.7 ^b	0.6 ^a	1.9 ^a	0.3 ^{ab}
50	1.2 ^{ab}	0.7 ^a	2.8 ^a	0.7 ^a	2.4 ^a	0.7^a	1.7 ^{ab}	0.5^a
60	1.4 ^{ab}	0.7 ^a	1.9 ^{ab}	0.7 ^a	2.5^a	0.7 ^a	1.6 ^{ab}	0.4 ^a
70	1.0 ^{bc}	0.6 ^a	1.7 ^{ab}	0.6 ^{ab}	2.0 ^{ab}	0.6 ^a	1.8 ^a	0.3 ^{ab}
80	1.1 ^{bc}	0.7 ^a	1.5 ^b	0.6 ^{ab}	1.6 ^b	0.6 ^a	1.6 ^{ab}	0.4 ^a
90			1.5 ^b	0.6 ^{ab}				
100			1.6 ^b	0.6 ^{ab}				
110			1.7 ^b	0.6 ^{ab}				
120			1.6 ^b	0.6 ^{ab}				
130			1.4 ^{bc}	0.5 ^{bc}				

Medias con letras iguales en cada columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

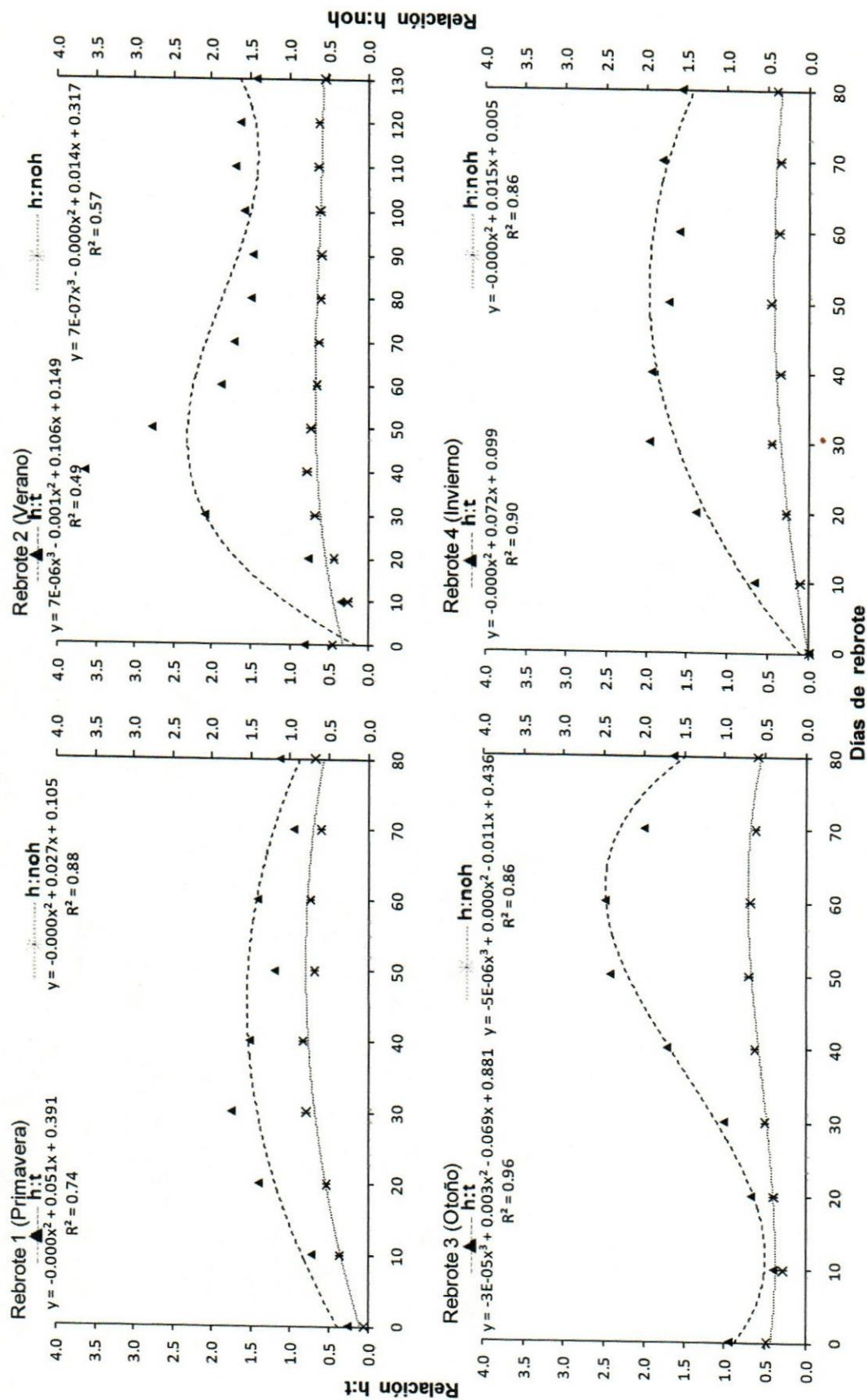


Figura 16. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja del pasto Llanero A. gayanus Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote, en vertisoles de la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).

4.7 Composición botánica

El comportamiento de esta variable en la pradera de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 durante los cuatro periodos de rebrote estudiados, se muestra en la Figura 17. Puede observarse en el rebrote 1, que durante los primeros 70 días *A. gayanus* Kunth CIAT 621 predominó en la pradera del 96 al 100 % (hojas + tallos) y registró valores máximos de 4 % de otros pastos (día 80) y menos de 2 % de malezas.

En el rebrote 2 (Verano), en los cortes de 0 a 130 días hubo presencia de otros pastos y malezas. Los valores máximos de otros pastos se registraron en los cortes del día 40, 0, 10 y 100 días, mientras que las malezas alcanzaron su máximo registro en los cortes del día 30 y 120 (Figura 17). Puede observarse también que *A. gayanus* Kunth CIAT 621 predominó en la pradera en todo el ciclo de rebrote, registrando el valor mas bajo en el corte del día 40 y el más alto el día 110.

Durante el rebrote 3 (Figura 17) la composición botánica de la pradera se comportó de diferente forma, alcanzó los valores máximos de otros pastos en el corte del día 20, mientras que la presencia de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 alcanzó su máximo valor el día 50, las malezas alcanzaron su mayor presencia en la pradera durante el corte del día 10. En el rebrote 4 correspondiente a Invierno, la presencia de otros pastos fue mayor al inicio de rebrote (día 0) en comparación al resto de los cortes, *A. gayanus* Kunth CIAT 621 representaba el 80 % de la pradera.

Comparando los cuatro ciclos de rebrote (Figura 17) podemos observar que *A. gayanus* Kunth CIAT 621 se encontraba en mayor proporción en la pradera los días 0 y 10 del rebrote 1 (Primavera); otros pastos registraron su mayor valor en los cortes del día 0 y 20 de los rebrotes 4 y 3 respectivamente, mientras que las malezas

alcanzaron su mayor participación en el corte del día 40 del rebrote 4, la menor proporción de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 se registró durante el corte del día 0 del rebrote 4, aunque se encontraba en un 80 % de la pradera.

La mayor proporción de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 en los rebrotes 1 y 2 se explica por su mayor tasa de crecimiento promovida por las condiciones de temperatura y humedad de suelo descritas, que lo hacen altamente competitivo frente a otras especies en la pradera. La afluencia de malezas y/o leguminosas en los rebrotes 3 y 4 podría relacionarse a que éstas últimas manifiestan mayor tolerancia a la escasez de humedad en el suelo y al descenso de la temperatura (Cuadro 2).

Un comportamiento similar de la composición botánica fue reportada por González y Ramírez (2007), donde el Cv. Tanzania (*P. maximum*) predominó al 100 % los primeros 30 días de los rebrotes 1 y 2, donde la presencia de malezas fue menor al 5 %. En los rebrotes 3 y 4 (Otoño e Invierno) la pradera registró un 85 y 90 % de este pasto, 15 y 10 % de otros pastos y en menor proporción malezas y leguminosas.

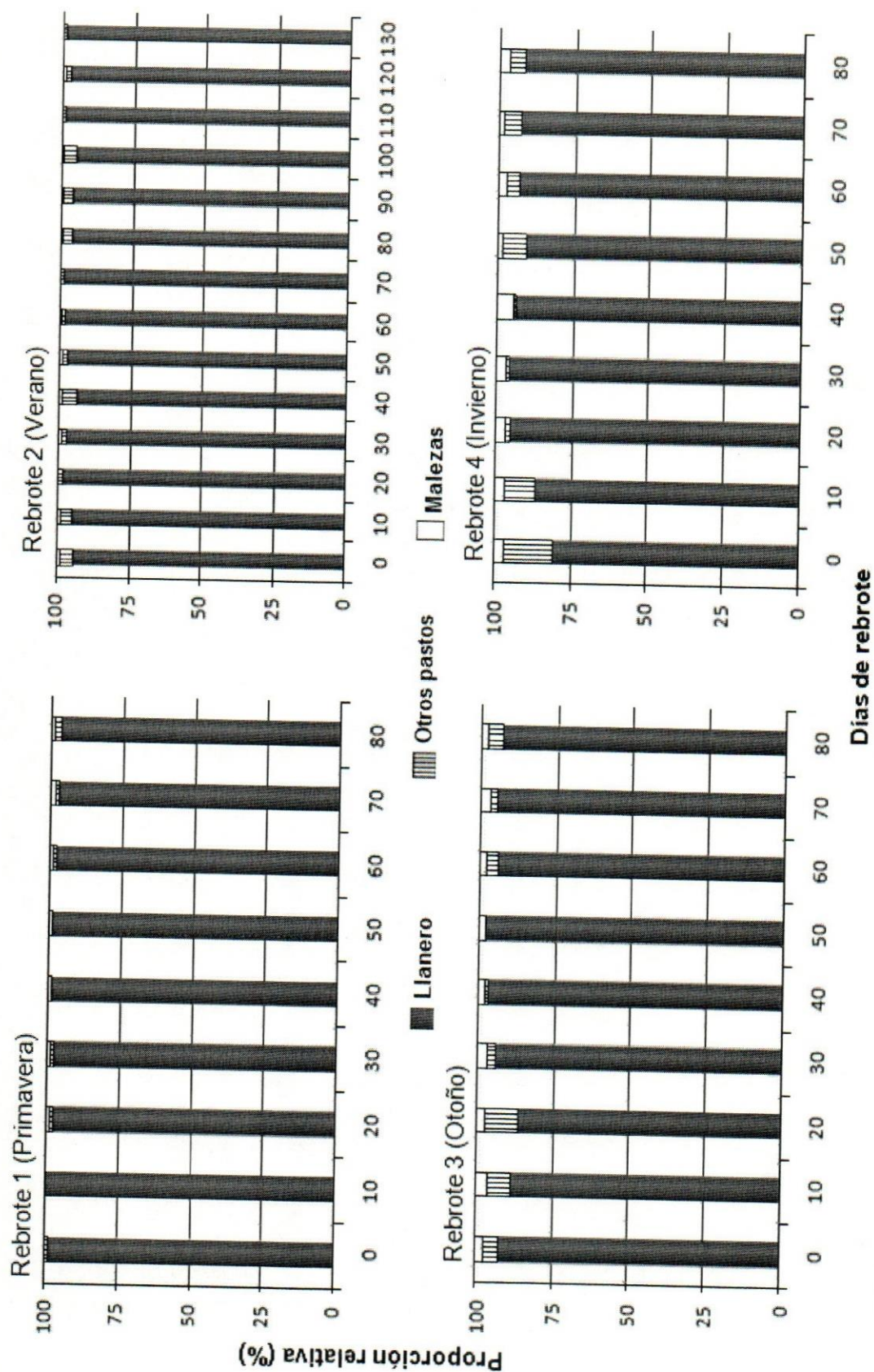


Figura 17. Composición botánica de la pradera de *A. gayanus* Kunth CIAT 621 durante cuatro ciclos de rebrote en vertisoles en la Región Central de Chiapas (2003 - 2004).

V. CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación sugieren que bajo condiciones similares, para obtener una máxima producción y calidad de forraje, la cosecha mecánica del pasto Llanero *A. gayanus* Kunth CIAT 621, debe efectuarse a partir de los 45 días.

La mayor tasa de crecimiento del pasto Llanero fue de 200 kg MS ha⁻¹día⁻¹ se registró en el ciclo de rebrote 2 (Verano), que superó la obtenida en los rebrotes 3 (Otoño), 1 (Primavera) y 4 (Invierno) en 52, 69 y 87 %, respectivamente.

Se encontró una relación directa entre la biomasa de hojas verdes y el índice de área foliar.

VI. LITERATURA CITADA

- Álvarez, F. G., López, R. O. 1992.** Rendimiento agronómico, digestibilidad (*In vitro*) y contenido de proteína cruda de nueve variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Nazareno, Etla, Oaxaca [tesis de licenciatura]. Texcoco, Edo. de México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Amézquita, M. C.; Pizarro, E. A. y Toledo, J. M. 1989.** Rango de adaptación de *A. gayanus*. En: *A. gayanus* Kunth: un pasto para los suelos ácidos del trópico. J. M. Toledo., M. Vera., C. Lascano y J. L. Lenne (Eds). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Pp. 38-68.
- Argel, P. J. 1996.** Contribución de las leguminosas Forrajeras Tropicales a la Producción Animal en Sistemas Semi-intensivos de Pastoreo. En: Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales "Una Alternativa Rentable", 1er. Foro Internacional. FIRA-BANCO DE MEXICO. Veracruz, México. 1996. pp. 1-21.
- Argel, P. J. 2006.** Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. En: Producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales. M. E. Velasco Z., A. Hernández G., R. A. Perezgrovas G. y B. Sánchez M. (Eds). P. 60.
- Armendáriz, I. R., J. B. Castillo, M. E. Bolio and L. Ramírez.. 1993.** Seasonal yield distribution pattern of dry land pastures in Yucatán, México. Proceedings XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. Pp. 514-515.
- Ayala, S.A. 1994.** Sincronización de la floración y producción de semilla de *A. gayanus* en el Norte de Yucatán, México. Pasturas Tropicales (CIAT) 16(1):36-40.
- Beetle, A. A. 1987.** Noteworthy grasses from Mexico. XIII. Phytologia 63(4): 209-297. pp.
- Beltrán, S. I., A. G. Hernández, E. M. García, P. J. Pérez, J. S. Kohashi, J. G. Herrera, A. R. Quero y S. S. González. 2005.** Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un invernadero. Agrociencia 39(2):137-147 pp.
- Blanco, F. 1995.** Dinámica de crecimiento y variación de las reservas en *Panicum maximum*. En: Informe final de etapa. Método de manejo de pastizales (Estudio del PRV) EEPF. Indio Hatuey. (Mimeo). 35 pp.
- Bodgan, A. V. 1997.** Pastos tropicales y plantas de forraje. AGT. Editor. S.S. Edición, México. pp 2-11.
- Bolaños, A. E. D., González-Hernández V. A., y Pérez P. J. 1995.** Intensidad de pastoreo, rendimiento y tasa de crecimiento de ballico perenne. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 18:35-42.

- Bolaños, A. D.; Meléndez, N., F. 1988.** Evaluación del acondicionamiento del terreno para la siembra de *Andropogon gayanus* 621. In: Pizarro, E. A. (ed). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Reunión de la RIEPT-CAC (1, 1988, Veracruz, México). [Trabajos presentados]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 411.412.
- Bor, N. L., 1973.** The Grasses of Burma, Ceylon, India and Pakistan. Otto Koeltz Antiquariat. B.R.D.: 150-153.
- Bowden, B. N. 1964.** Studies on *Andropogon gayanus* Kunth. III an outline of its biology. J. of Ecology. Vol. 52. Pp 255 – 271.
- Briske, D. D. 1991.** Developmental morphology and physiology of grasses. In R.K. Heitschmidt and J.W. Stuth (eds.). Grazing management: an ecological perspective. Timber Press, Portland, Oregon, USA. 11-26 pp.
- Brougham, R. W. 1957.** Pasture growth rate studies in relation to grazing management. *Proceedings of the New Zealand Society Animal Production*. 17:46-55.
- Cameron, A. G. 2000.** Information sheet Gamba grass. www.dpif.nt.gov.au/dpif/plants/pastures/gambainfo.htm - 24k -
- Carámbula, M. 1983.** Producción y manejo de pasturas sembradas. Edith. Agropecuaria. Hemisferio sur, S.A. Montevideo, Uruguay. 464 p.
- Carranza, M. M. A., Sánchez, V. L. R., Pineda, L. Ma. Del R. y Cuevas, G. R. 2003.** Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la sierra de Mazatlán, México. Agro ciencia. Vol. 37. No. 002. Colegio de Posgraduados. México. 203 – 210 pp.
- Carvajal, A. J. J, Lara del R. M. J. 2003.** Producción y calidad de semillas de los pastos Insurgente, Guinea y Llanero; *Livestock Research for Rural Development* 15 (2). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/2/carv152.htm>.
- Castillo E. G. 2006.** Que pasto sembrar moda o producción. En: Producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales. M. E. Velasco Z., A. Hernández G., R. A. Perezgrovas G. y B. Sánchez M. (Eds) 119-129 pp.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 2006.** Gramíneas y leguminosas tropicales liberadas como cultivares comerciales en diferentes países. Cali, Colombia. http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/forrajese/ variedades_liberadas.htm
- Chapman, D. F., and G. Lemaire. (1993)** Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proc. XVII Internat. Grassland Congr. Palmerston North, N.Z. pp: 95-104.

- Clayton, W. D. and Renvoize, S. A. 1986.** Genera Graminum. Grasses of the world. Kew Bulletin Additional Series XIII. Londres, Inglaterra. Pp 389.
- Clayton, W.D. and Renvoize, S. A. 1989.** Descripción Botánica y distribución Natural de *Andropogon gayanus* (Morfología). En: *Andropogon gayanus* Kunth: un pasto para los suelos ácidos del trópico. J. M. Toledo., M. Vera., C. Lascano y J. L. Lenne (Eds). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Pp. 4-15.
- Clayton, W. D., Harman, K. T. and Williamson, H. 2002.** World Grass Species: Descriptions, Identification, and Information Retrieval.
- Clark, H. 1993.** Seasonal changes in vitro digestibility of leaf and pseudostem and its implications for diet digestibility of perennial ryegrass continuously stocked with sheep. Proceedings XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. pp 589-590.
- CTEIEG, 2007.** Comité Técnico Especializado de Información Estadística y Geográfica. Gobierno del Estado de Chiapas. En: www.seieg.chiapas.gob.mx
- Cruz, P., and M. Boval. 2000.** Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger, and P.C. de F. Carvalho (eds.). Grassland ecophysiology and grazing ecology. CAB International, Wallingford, UK. 151-168 pp.
- Dávila, P. 1989.** New combination in *Sorghastrum* (*Poaceae: Andropogoneae*). Ann. Missouri Botanical Garden. Vol. 76 No. 4:1171.
- Dávila, P., J. L. Villaseñor, R. Medina, A. Ramírez, A. Salinas, J. Sánchez, y P. Tenorio. 1993.** Listados florísticos de México. X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 195 pp.
- Dávila, P. y J. Sánchez-Ken. 1994.** *Poaceae*. Subfams. *Arundinoideae*, *Bambusoideae* y *enthotecoideae*. Fascículo 3. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 57 pp.
- Department of Natural Resources, Environment, The Arts and Sport. Natural Resources Division. 2008.** NT Weed Risk Assessment Report: *Andropogon gayanus* (Gamba Grass). Australia. Pp 25.
- Eguiarte, V. J. A.; González, A. 1996.** Producción de semilla de pastos tropicales en el sur de Jalisco, México. Pasturas Tropicales (CIAT) 2005. 18(2):36-39.
- Enríquez, Q. F. J., y Castillo E. G. 1996.** Pasto de reciente introducción al trópico de México. In: Memorias del Curso de Producción de Leche en Climas Tropicales. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 4, DGETA, SEIT, SEP. Altamira, Tamaulipas. México. Pp 42 - 59.

- Enríquez, Q. J. F.; F. Meléndez N. y E. D. Bolaños A. 1999.** Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. INIFAP, CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico No. 7. Veracruz, México. 262 p.
- Enríquez, Q. J. F. y Romero, M. J. A. 1999.** Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria spp.* en la Isla, Veracruz. Agrociencia. No. 33. Pp 141 – 148.
- Enríquez, Q. J. F. y Quero, J. F. 2006.** Reseña de la producción y suministro de semilla de especies forrajeras en México. En: Producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales. M. E. Velasco Z., A. Hernández G., R. A. Perezgrovas G. y B. Sánchez M. (Eds). Pp. 217 – 230.
- Enríquez, Q. J. F.; F. Quero y C. R. A. 2006.** Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. INIFAP, CIRGOC. Campo experimental Papaloapan. Libro Técnico Núm.11. Veracruz, México.109: 9-10 pp.
- Etchevers, B. J. D. 2006.** Interpretación de análisis químicos del suelo. Programa de Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. p.p.1-16.
- Ferguson, J. E.; Seré, C. y Vera, R. R. 1989.** Descripción Botánica y distribución Natural de *A. gayanus* (Germoplasma). En: *A. gayanus* Kunth: un pasto para los suelos ácidos del trópico. J. M. Toledo., M. Vera., C. Lascano y J. L. Lenne (Eds). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Pp. 16-20.
- Fulkerson, W.J. and K. Snack. 1994.** Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. Grass and Forage Sci. 49:373-377 pp.
- Fournier, E. 1882.** Distribución geográfica de las gramíneas mexicanas. La Naturaleza. México, D.F. Ser. I. 6: 323-343.
- Fournier, E. 1886.** Mexicanas Plantas. Pars II. Gramineae. Typographeo Reipublicae. París: XIX + 160 pp.
- García E. 1988.** Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen para adaptarlos a las condiciones de la Republica Mexicana. 4ª ed. Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F.
- Gobius, N. R., Phaikaew C., Pholsen, P., Rodchompoo, O., Susena, W. 2001.** Seed yield and its components of *B. decumbens* CV. Basilik, *Digitaria milanijana* CV. Jarra and *A. gayanus* CV. Kent in north – east Thailand under different rates of nitrogen application. Tropical Grasslands. Vol. 35. No. 1: p 2633.
- Gomide, J.A. 1988.** Fisiología das plantas forrageiras e manejo das pastagens. Inf. Agropec. 88(154): 11-18 pp.

- González, D. A. S., Ramírez, V. M. A. 2007.** Patrones de crecimiento del pasto *P. maximum* CV. Tanzania, en la Región Central de Chiapas. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNACH. México. 35- 48 p.
- Gutiérrez, M. L. A. 2008.** Fluctuación estacional del crecimiento de *P. maximum* CV Mombasa en la Región Central de Chiapas. Tesis de maestría en ciencias en producción animal sustentable. Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Campus II. 47 pp.
- Guiot, G. J. D. 2001.** Manual de actualización técnica. Semillas Papalotla S.A. de C.V. P 64.
- Heineman, A. B., Fontes, A. J., Paciullo, D. S. C., Rosa, B., Macedo, R., Moreira, P. y Aroerira, L. J. M. 2005.** Potencial productivo e composicao bormatologica de seis gramineas forrageiras tropicais sob doas doses de nitrogeno e potasio. Pasturas Trópicas. 27 (1): 34:41.
- Hernández-Garay, A. 1992.** Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. Agrociencia. (2):131-144.
- Hernández-Garay, A. 1995.** Defoliation management, tiller density and productivity in perennial ryegrass swards. Thesis PhD. Plant Science at Massey University. New Zealand.
- Hernández-Garay, A. 1996.** Métodos usados para estimar la producción de forraje. En: Martínez G., A. N. (Ed.). "Seminario Internacional teórico-práctico: Tópicos selectos en sistemas sustentables de producción animal bajo pastoreo. FMVZ, UNAM-CEIEPAG. 118p.
- Hernández-Garay, A. y Martínez H. P. A. 1997.** Utilización de pasturas tropicales. En: Torres H. G. y P. Díaz R. (Eds.) Producción de ovinos en zonas tropicales. Fundación produce-INIFAP. pp. 8-24.
- Hernández-Garay, A.; Enríquez Q. J. F.; Velasco Z. M. E; Ortega. J. E. 2006.** Estrategias para reducir la estacionalidad de la producción animal en el trópico mexicano. Producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales. M. E. Velasco Z., A. Hernández G., R. A. Perezgrovas G. y B. Sánchez M. (Eds) 14 p.
- Hodgson, J. 1990.** Grazing Management Science intro Prattice. Longman Scientific & Technical. Harlow, England. p.p. 204.
- Hodgson, J. 1996.** Control del consumo de hierba. En: seminario internacional Teórico-practico: tópicos selectos en sistemas sustentables de producción animal bajo pastoreo. Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México.118 p.
- Holmann, F., Rivas, L., Argel, P. J. y Pérez, E. 2005.** Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria*: Centroamérica y México. Centro Internacional de Agricultura Trópic (CIAT) e Instituto Internacional de investigaciones en Ganadería (ILRI). Cali, Colombia. 30 p.

- Hunt, R. (1990).** Basic Growth Analysis. Plant Growth Analysis for Beginners. Academic Division of Unwin Hyman Ltd. London, England. 111 p.
- <http://www.inegi.gob.mx>
- INEGI, 2009.** Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes. Aguascalientes, 2009.
- INIFAP, 2000.** Establecimiento y manejo del pasto Llanero. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo experimental Sur de Sinaloa. Folleto No. 11. Pp 11.
- Juárez, H. J. y Bolaños, A. E. D. 2007.** Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. Universidad y Ciencia, junio 2007, vol. 23 No. 001. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, México. Pp. 81-90.
- Jones, C. A. 1979.** The potential of *A. gayanus* Kunth in the oxisol and ultisol sabannas of tropical America. Herbage Abstracts. Vol. 49. No. 1. Pp 1 – 8.
- Kéller-Grein, G. y Schultze-Kraft, R. 1989.** Descripción Botánica y distribución natural de *A. gayanus*. En: *A. gayanus* Kunth: un pasto para los suelos ácidos del trópico. J. M. Toledo., M. Vera., C. Lascano y J. L. Lenne (Eds). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Pp. 1-20.
- Lascano, C. 1981.** Calidad de pasturas y nutrición In: Programa de adiestramiento de posgrado en producción y utilización de pastos tropicales. CIAT. Cali, Colombia. Pp 558 – 628.
- Lemaire, G. (2001).** Ecophysiology of grasslands. Aspects of forage plant populations in grazed swards. Proceedings XIX International Grassland Congress Brazilian Society of Animal Husbandry- Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sao Pedro. San Paulo. Brasil. pp 29-37.
- López, G. I., y García, P. T. B. 2009.** Establecimiento de praderas tropicales en el Estado de Veracruz y aspectos particulares de siete de las gramíneas forrajeras más comunes: Zacate Llanero. Campo experimental "La Posta" INIFAP Paso del Toro, Veracruz. P 1.
- Mena-Urbina, M. A.; Hernández-Garay, A.; Enríquez Q. J. F.; Pérez-Pérez, J.; Zaragoza-Ramírez, J. L. y Avellaneda-Cevallos, J. 2007.** Efecto de asignaciones de forraje, en pastoreo, sobre pasto Insurgente y producción de vaquillas en el trópico húmedo. Agrociencia. Vol. 41. Pp. 1 – 12.
- McDowell, L.; J. Arthington; J. Velásquez-Periera y G. Valle. 2005.** Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Boletín. 4ta ed. Centro de Agricultura Tropical, Universidad de Florida, Gainesville, USA.

- Miles, J. W., Maass, B. L., Do Valle, C. B., 1996.** Brachiaria: Biology Agronomy and Improvement. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Trópica. P. 288.
- Muslera, P. E y G.C Ratera. 1991.** Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. 2a Ed. Editorial Mundi Prensa. Madrid. P. 670.
- McKenzie, B. A., P. D. Kemp, D. J. Moot, C. Matthew, R. J. Lucas. 1999.** Environmental effects on plant growth and development. In: White, J. and Hodgson, J. (eds). New Zealand Pasture and Crop Science. Auckland, N.Z., Oxford University Press. 323 p.
- McMaster, G.S. 1997.** Phenology, development, and growth of the wheat shoot apex: a review. Adv. Agron. 59:63-118 pp.
- Norton B. W. and D. P. Poppi. 1995.** Composition and Nutritional Attributes of Pasture Legumes. In: D'Mello J.P.F. and Devendra, C. (eds.) Tropical Legumes in Animal Nutrition. Ed. CAB International. Wallingford, U.K. pp. 23-48.
- Núñez, A. M., y Bryan, W. B. 2002.** Comportamiento de *Andropogon gayanus* (CV Sabanero) asociado con dos leguminosas forrajeras bajo pastoreo. En: Investigaciones de la Fundación Servicio para el Agricultor. Notas de Investigación. Venezuela. Pasturas tropicales. Vol. 22. No. 1. Pp 32- 35.
- Núñez, A. M., Weibezanh, F. W., y Bryan, W. B. 2002.** Método de muestreo y valor nutritivo de pasturas. En: Investigaciones de la Fundación Servicio para el Agricultor. Notas de Investigación. Venezuela. Pasturas tropicales. Vol. 22. No. 1. Pp 35 - 37.
- Ortíz, R. M. A. 2000.** Efecto de un alimento complejo catalítico en asociaciones de forrajes y fuentes alternativas de proteína en bovinos de engorda. Tesis de Maestría en Ciencias Pecuarias. Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima. Pp 95.
- Parson, A. J.; Johnson, I. R. and Harvey, A. 1988.** Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. Grass Forage Sci. Pp. 43:49-60.
- Parson, A. J. and Penning, P. D. 1988.** The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. Grass Forage Sci. Pp 43:15-27.
- Peralta, M. A. 1984.** Las pruebas regionales avanzan en México. Pastos Tropicales. Boletín informativo. México. Vol. 6. No. 2. Pp 8 - 10.
- Peralta, M. A., Ramos, S. A., Enríquez, Q. J., López, N. J., Cigarroa de A. A., Palomo, J y Córdoba, B. A. 1987.** Pasto Llanero *Andropogon gayanus* una alternativa para el trópico de México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, INIFAP, Veracruz, Ver., México. Folleto Técnico No. 2. Pp 18.

- Pohl, R. W. 1986.** "Man and the grasses: a history" en Grass systematic and evolution. T. R. Soderstrom, K. W., Hilu, C.S., Campbell, & M. E. Barkworth (eds.), Smithsonian institute, Washington. Pp 355-358.
- Queensland. Department of Primary Industries and Fisheries. 2008.** Gamba grass *Andropogon gayanus*. Declared class 2. Invasive plants and animals. Fact sheet. Biosecurity Queensland. Australia. Pp 4.
- Quero, C. A. R.; Enríquez Q. J. F. y Hernández G. A. 2006.** Gramíneas forrajeras tropicales adaptadas a condiciones de suelos inundables. Producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales. M. E. Velasco Z., A. Hernández G., R. A. Perezgrovas G. y B. Sánchez M. (Eds), 39 p.
- Ramírez RO, Hernández-Garay A, Carneiro DS, Pérez JP, Enríquez QJF, Quero CAR, Herrera HJG, Cervantes NA. 2009.** Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombasa (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. Técnica Pecuaria México. 47(2):203-213 pp.
- Rethman N.F.G. and W.A.J. Steenekamp (1998).** Nutritive value of guinea grass cultivars in the winter as influenced by nitrogen fertilization. XVIII International Grassland Congress. Winnipeg and Saskatoon, Canada. p17-1,17-2.
- Rivas, J. M. A., López, C. C., Hernández, G. A. y Pérez, P. J. 2005.** Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Técnica Pecuaria México;(43):79-92.
- Rodríguez, J. J. y L. R. Aviles. 1997.** Pastoreo intensivo y tradicional: su influencia sobre el sistema suelo-planta animal en el sureste de México. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5 (suplm. 1): 72-75 pp.
- Salas, B. J. E. 1998.** Estado fisiológico óptimo de corte en alfalfa durante el verano y otoño [tesis maestría]. Montecillo, Texcoco, Estado de México: Colegio de Posgraduados.
- Sánchez, M., y Ferguson J. E. 1986.** Medición de calidad en semillas de *Andropogon gayanus*. Programa de pastos tropicales. Centro de Internacional de Agricultura Trópic (CIAT). Cali, Colombia. Revista Brasileira de Sementes. Vol. 8. No. 1. 9 -28 pp.
- SAS Institute. 2003.** SAS/STAT. Guide for Personal Computers. Versión 6. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA. 890p.
- Satjipanon, C.; Chinosang W. and Susaena V. 1995.** Forage seed production project for Southeast Asia, Annual report 1993-1994. Khon Kaen Animal Nutrition Research Center, Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperative. pp. 124-131.

- Seré, C. y Ferguson J. 1989.** Liberación de *A. gayanus* y evidencia inicial de su adopción e impacto en América Trópica. En: J. M. Toledo., M. Vera., C. Lascano y J. L. Lenne (Eds). *A. gayanus* Kunth: un pasto para los suelos ácidos del trópico Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Pp. 357 – 388.
- Silva, L. M. 2006.** Establecimiento de praderas con *A. gayanus* en la Costa de Jalisco. INIFAP-SAGARPA Campo Experimental Costa de Jalisco. Nota Técnica. La Huerta, Jalisco, México. En: Sistema Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el desarrollo Rural Sustentable (SNITT), 2006. 3 p.
- Sosa, R., E. E., H. Díaz S., L. Pérez R. y R. Morones R. 1998.** Producción estacional de especies forrajeras perennes en monocultivo y mezcla. Técnica Pecuaria en México. Pp. 59-71.
- Valdés, R. J. y Dávila A. P. D. 1995.** Clasificación de los géneros de gramíneas (*Poaceae*) mexicanas. En: Acta Botánica Mexicana (1995). (eds.) Departamento de Botánica UAAAN, Saltillo, Coahuila e Instituto de Biología UNAM, México D.F. 1995. 33:37-50
- Velasco, Z. Ma. E.; A. Hernández-Garay; V. A. González-Hernández; J. Pérez P.; H. Vaquera H. y A. Galvis S. 2001.** Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.). Técnica Pecuaria en México. 39 (1): 1-14.
- Velasco, Z. Ma. E.; A. Hernández-Garay; V. A. González-Hernández; J. Pérez P. y H. Vaquera H. 2002.** Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. Revista Fitotecnia Mexicana. 25(1): 97-106 pp.
- Velasco ZME, Hernández-Garay A, González HVA. 2005.** Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L) en respuesta a la frecuencia de corte. Revista Fitotecnia Mexicana. México. 43 (2):247-258 pp.
- Vera, R. R. 2002.** Reproducción del ganado de carne en pasturas de la altillanura de los Llanos Orientales de Colombia: Elementos para la toma de decisiones. Pasturas tropicales. Vol. 19. No. 2. pp. 11.
- Zaragoza, E. J., Hernández-Garay, A., Pérez, P. J., Herrera, G. J. H., Osnaya, G. F., A. Martínez, H. P., González, M. S. S., Quero, C. A. R. 2009.** Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo. Estado de México Técnica Pecuaria México. pp. 47(2):173-188.