



Instituto Politécnico Nacional

Centro Interdisciplinario de Investigación para el
Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de
Recursos Naturales

**ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y DINÁMICAS DE
CRECIMIENTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN DOS
LEGUMINOSAS FORRAJERAS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

Fausto Javier Montes Cruz

DIRECTOR:

Dr. Rigoberto Castro Rivera

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, Mayo de 2014



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 08 del mes de mayo del 2014 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: "Análisis del proceso de producción y dinámicas de crecimiento para incrementar la productividad en leguminosas forrajeras"


Presentada por el alumno:


Montes	Cruz	Fausto Javier
Apellido paterno	materno	nombre(s)
Con registro: A 1 2 0 0 1 4		


aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA
Director de tesis


Dr. Rigoberto Castro Rivera

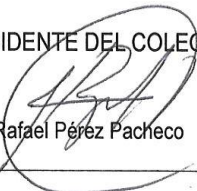

Dra. Arcella Toledo López


Dr. Jaime Ruiz Vega


Dr. Sadoth Sandoval Torres


Dr. David Martínez Sánchez

EI PRESIDENTE DEL COLEGIO


Dr. Rafael Pérez Pacheco



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 07 del mes mayo del año 2014, el (la) que suscribe Montes Cruz Fausto Javier alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro A120014, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Castro Rivera Rigoberto, y cede los derechos del trabajo titulado: "Análisis del proceso de producción y dinámicas de crecimiento para incrementar la productividad en leguminosas forrajeras", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoax@ipn.mx ó javiermontes86@gmail.com , Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Montes Cruz Fausto Javier



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue conocer de manera indirecta la situación de la producción de alfalfa en la Villa de Zaachila, determinar su momento óptimo de cosecha y evaluar una especie forrajera alternativa. Para esto se evaluaron semanalmente manojos de alfalfa comercializados en el mercado de Zaachila, se realizaron dinámicas de corte con ciclos de crecimiento de siete semanas en una pradera de alfalfa en la misma zona y en un invernadero en Santa Cruz Xoxocotlán donde había trébol blanco. Los pesos de manojos mostraron fueron superiores ($P < 0.05$) en verano e inferiores en primavera, la altura y peso de los tallos fueron menores ($P < 0.05$) en otoño e invierno incrementándose ($P < 0.05$) en febrero-mayo y la relación hoja:tallo fue variable en todos los meses ($P < 0.05$). Se observó que en la época de escasez los productores realizan cortes cuando la alfalfa obtiene el mayor tamaño sacrificando la relación hoja:tallo y la calidad. En la pradera se observó que el mayor rendimiento se registró ($P < 0.05$) a la semana seis en primavera e invierno, y en la siete en verano y otoño, la relación hoja:tallo registró su menor valor en la semana siete durante primavera y verano mientras que en las otras épocas no se registraron diferencias, concluyendo que se pueden realizar cortes cada 35-40 días en invierno-otoño, y cada 30-35 días en primavera-verano. El trébol blanco mostro que el mayor rendimiento se registró ($P < 0.05$) en la sexta semana en primavera y verano, mientras que en otoño fue en la séptima, la relación hoja:tallo fue menor a la sexta semana y mayor a la primera en primavera, sin diferencias significativas en las demás estaciones ($P < 0.05$), concluyendo que se deben realizar cortes cada 30–35 días en primavera-verano; y cada 40–42 días en otoño.

Palabras clave: Dinámicas de crecimiento, estacionalidad de forraje, rendimiento, calidad.

ABSTRACT

The aim of this study was to know indirectly the status of alfalfa production in Villa de Zaachila, determine the optimum harvesting time and evaluate an alternative forage specie. For this marketed alfalfa bundles were evaluated weekly, were performed growth dynamics with growth cycles of seven weeks in a meadow of alfalfa in the same area and in a greenhouse in Santa Cruz Xoxocotlán where there was a white clover sward. The bundles showed that dry weight was higher ($P < 0.05$) in summer and lower in spring, height and stem weight were lower ($P < 0.05$) in autumn and winter increasing in February-May and leaf:stem ratio was variable all months ($P < 0.05$). Observed that in shortage season producers make cuts when alfalfa is larger sacrificing the leaf:stem ratio and quality. In the meadow was observed that the highest yield was recorded ($P < 0.05$) at week six in spring and winter and seven in summer and autumn, leaf:stem ratio recorded its lowest value at seven week during spring and summer while in other seasons no differences were recorded concluding that cuts can be made every 35-40 days in winter-autumn and every 30-35 days in spring-summer. White clover showed that the highest yield was recorded ($P < 0.05$) in the sixth week in spring and summer while in autumn was in the seventh, leaf:stem ratio was lower at sixth week and higher at first in spring while in other seasons no differences were recorded, concluding that cuts can be made every 30-35 days in spring-summer and every 40-42 days in autumn.

Key words: Growth dynamics, seasonality forage, yield, quality.

Dedicatoria

A mis padres Rubén y Olga:

Por guiarme y apoyarme incondicionalmente a lo largo de mi vida y que gracias a ustedes he logrado llegar satisfactoriamente hasta este momento, muchas gracias por todo lo que me han dado y enseñado.

A mi hermano Rubén:

Por ser parte importante en mi vida y mostrarme que a pesar de las adversidades con nuestra voluntad podemos lograr lo que nos proponemos.

A Margarita:

Porque al final de esta etapa llegaste a iluminar y llenar de alegría mi existencia y me enseñaste que las cosas llegan a su debido momento.

Agradecimientos

Al Instituto Politécnico Nacional y al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca por permitirme realizar mis estudios de posgrado en dicha institución.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al programa Institucional de Formación de Investigadores por brindarme el apoyo necesario para realizar los estudio de posgrado.

Al Dr. Rigoberto Castro Rivera por todos sus consejos, confianza y paciencia tanto para la realización de esta tesis como para varios aspectos de mi vida personal, enseñándome que la educación debe ser integral y no solo académica.

Al Dr. José de la Paz y al Colitas por su apoyo y amabilidad durante el trabajo de campo para la realización de este trabajo de tesis.

A los integrantes del comité tutorial y comisión revisora de tesis: Dr. Jaime Ruiz, Dra. Arcelia Toledo, Dr. Sadoth Sandoval y Dr. David Martínez por sus comentarios y recomendaciones para el enriquecimiento de esta tesis.

A mis amigos Lenin, Jonás, Andrea, Manuel, Fernando, Naye, Rut, Lupita, Magda y Adrián por todas las experiencias y vivencias que compartimos juntos a lo largo de este tiempo y que me ayudaron a crecer en mi vida personal.

INDICE

Resumen	
Abstract	
Índice	
Relación de figuras	
Relación de cuadros	
Introducción	
Capítulo 1. Revisión de literatura	1
1.1 Descripción de la alfalfa (<i>Medicago sativa L.</i>)	1
1.2 Estacionalidad del crecimiento y rendimiento del forraje	2
1.3 Factores que afectan la producción de forraje	3
1.3.1 Temperatura	3
1.3.2 Humedad	4
1.3.3 Reserva de carbohidratos en raíz	5
1.3.4 Índice de Área Foliar	6
1.4 Rebrote	7
1.5 Dinámicas de crecimiento	8
1.6 Calidad de los forrajes	10
1.7 Valor nutritivo	11
1.8 Relación hoja:tallo	12
1.9 Digestibilidad y madurez del forraje	13
1.10 Proteína y madurez del forraje	14
1.11 Frecuencia y severidad de defoliación	15
1.12 Métodos de estimación de forraje	16
Capítulo 2. Análisis de los componentes del rendimiento relacionados con la calidad en manojos de alfalfa comercializados en Zaachila, Oaxaca.	18
2.1 Resumen	18
2.2 Abstract	19
2.3 Introducción	20

2.4 Materiales y métodos	23
2.4.1 Localización del área de estudio	23
2.4.2 Variables estudiadas	23
2.4.2.1 Peso seco del manojó	23
2.4.2.2 Altura y peso de los tallos	24
2.4.2.3 Relación hoja:tallo	24
2.4.2.4 Composición botánica y morfológica	24
2.4.3 Análisis estadístico	24
2.4.4 Datos climáticos	25
2.5 Resultados y discusión	25
2.6 Conclusiones	32

Capítulo 3. Dinámicas de crecimiento en alfalfa (*Medicago sativa* L.) en los Valles Centrales de Oaxaca.

3.1 Resumen	33
3.2 Abstract	34
3.3 Introducción	35
3.4 Materiales y métodos	37
3.4.1 Establecimiento del área experimental	37
3.4.2 Variables a estudiar	37
3.4.2.1 Rendimiento de forraje	37
3.4.2.2 Altura	38
3.4.2.3 Composición botánica	38
3.4.2.4 Tasa de crecimiento	38
3.4.2.5 Relación hoja:tallo	38
3.4.3 Datos climáticos	39
3.4.4 Análisis estadístico	39
3.5 Resultados y discusión	39
3.6 Conclusiones	49

Capítulo 4. Dinámicas de crecimiento de trébol blanco (<i>Trifolium repens</i> L.) en invernadero	50
4.1 Resumen	50
4.2 Abstract	51
4.3 Introducción	52
4.4 Materiales y métodos	54
4.4.1 Establecimiento del área experimental	54
4.4.2 Variables a estudiar	54
4.4.2.1 Rendimiento de forraje	54
4.4.2.2 Altura	54
4.4.2.3 Composición botánica	54
4.4.2.4 Tasa de crecimiento	55
4.4.2.5 Relación hoja:tallo	55
4.5 Datos climáticos	55
4.6 Análisis estadístico	55
4.7 Resultados y discusión	56
4.8 Conclusión	66
Bibliografía	67

RELACION DE FIGURAS

Título	Pág.
Figura 1. Rendimiento de materia seca obtenido de manojos de alfalfa muestreados durante un año de evaluación.	26
Figura 2. Peso seco de los tallos obtenidos aleatoriamente de manojos muestreados en los diferentes meses del año.	27
Figura 3. Altura de los tallos obtenidos de los manojos de alfalfa muestreados.	28
Figura 4. Proporción de hoja con respecto al tallo de alfalfa obtenida de manojos comercializados en Zaachila Oaxaca.	29
Figura 5. Composición botánica de manojos de alfalfa comercializados en Zaachila Oaxaca.	30
Figura 6. Composición morfológica de los manojos de alfalfa comercializados en Zaachila Oaxaca.	31
Figura 7. Datos climáticos durante el periodo experimental. Fuente: Estación Meteorológica del aeropuerto Benito Juárez, de la ciudad de Oaxaca de Juárez.	32
Figura 8. Cambios estacionales en la acumulación de materia seca (kg/ms/ha) de alfalfa en las diferentes estaciones del año evaluadas.	41
Figura 9. Cambios estacionales de la altura en alfalfa durante las estaciones del año evaluadas.	42
Figura 10. Coeficientes de correlación y ecuaciones de regresión de rendimiento de forraje y altura en alfalfa criolla.	43
Figura 11. Cambios estacionales en la tasa de crecimiento (kg MS/ha/día) en alfalfa durante las estaciones del año evaluadas.	45
Figura 12. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo en alfalfa durante las estaciones del año evaluadas.	47
Figura 13. Composición botánica por época en praderas de alfalfa criolla.	49
Figura 14. Datos climáticos durante el periodo experimental. Fuente: Estación Meteorológica del aeropuerto Benito Juárez, de la ciudad de Oaxaca de Juárez.	48
Figura 15. Cambios estacionales en la acumulación de materia seca (kg/ms/ha) de trébol blanco en las diferentes estaciones del año evaluadas.	57

Figura 16. Cambios estacionales de la altura en trébol blanco durante las estaciones del año evaluadas.	58
Figura 17. Coeficientes de correlación y ecuaciones de regresión del rendimiento y altura en trébol blanco.	59
Figura 18. Cambios estacionales en la tasa de crecimiento (kg MS/ha/día) en trébol blanco durante las estaciones del año evaluadas.	62
Figura 19. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo en trébol blanco durante las estaciones del año evaluadas.	64
Figura 20. Composición botánica por época en trébol blanco durante las épocas del año evaluadas.	65
Figura 21. Datos climáticos durante el periodo experimental. Fuente: Estación Meteorológica del aeropuerto Benito Juárez, de la ciudad de Oaxaca de Juárez.	65

RELACION DE CUADROS

Título	Pág.
Cuadro 1. Rendimiento de forraje en praderas de alfalfa criolla sometidos a ciclos de crecimiento de 7 semanas.	40
Cuadro 2. Altura de forraje en praderas de alfalfa criolla sometidas a ciclos de crecimiento de 7 semanas.	41
Cuadro 3. Rendimientos reales y estimados a partir de las ecuaciones de regresión en alfalfa criolla.	44
Cuadro 4. Tasa de crecimiento de forraje en praderas de alfalfa criolla sometidas a ciclos de crecimiento de 7 semanas.	44
Cuadro 5. Relación hoja:tallo en praderas de alfalfa criolla sometidas a ciclos de crecimiento de 7 semanas.	46
Cuadro 6. Rendimiento de forraje de trébol blanco sometido a ciclos de crecimiento de 7 semanas.	56
Cuadro 7. Altura de trébol blanco sometido a ciclos de crecimiento de 7 semanas.	58
Cuadro 8. Rendimiento obtenido por corte directo y rendimiento estimado de trébol blanco en las estaciones estudiadas.	60
Cuadro 9. Tasa de crecimiento de trébol blanco sometido a ciclos de crecimiento de 7 semanas.	61
Cuadro 10. Relación hoja:tallo de trébol blanco sometido a ciclos de crecimiento de 7 semanas.	63

INTRODUCCION

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa más utilizada para la alimentación del ganado en el mundo, su importancia radica en el rendimiento de forraje por unidad de superficie, valor nutritivo, contenido de proteína, apetencia y por el consumo por un gran número de animales, ya sea en fresco, henificada, deshidratada o ensilada (Mendoza *et al.*, 2010).

En México es ampliamente cultivada, en el año 2011 la superficie sembrada fue de 387,799 has, con un promedio de producción anual de 75.04 toneladas de materia verde por hectárea (SIAP, 2012). Oaxaca ocupa el lugar 16 con un aporte del 1.45% del valor total de la producción a nivel nacional (OEIDRUS, 2010), siendo la región valles centrales donde se produce el 95% de este cultivo. Según datos del censo agropecuario 2007 en Oaxaca habían 3 744 unidades de producción las cuales ocupaban una superficie 3 334 hectáreas con un volumen de cosecha de 233 500 toneladas de alfalfa lo que representó una derrama económica de 122 millones 461 mil pesos. Siendo el corte en verde la forma comercial de aprovechamiento más extendida en los valles centrales de Oaxaca, el cual consiste en cosecharla y acarrearla para ser ofrecida a los animales o bien comercializada en manojos (Villegas *et al.*, 2004).

El sector primario de Oaxaca destaca en el contexto nacional, siendo para los oaxaqueños el subsector más importante el agrícola donde los productos más relevantes son los pastos, la caña de azúcar, la piña y el café cereza; y mientras que en la república 13.4% de la población ocupada se dedica a actividades agropecuarias, de aprovechamiento forestal, de pesca y caza, en Oaxaca lo hace una tercera parte, alrededor del 32.4% de su gente (SIAP, 2011).

Un adecuado manejo de la pradera de alfalfa, además de permitir una mejora en la producción de forraje estas juegan un papel importante en la captura de carbono atmosférico aumentando la fertilidad del suelo, por medio de la fijación de nitrógeno, lo que incrementa la biomasa tanto aérea como en el suelo provocando que la captura de

carbono sea más efectivo (Zambrano *et al.*, 2004). De esta manera una forma de contribuir para abatir el aumento de CO² en la atmosfera es incrementar los reservorios de C edáfico, el cual tiene tiempos medios de residencia más prolongados que la vegetación; en este sentido las tierras de pastoreo tienen un papel muy importante contribuyendo a mitigar el cambio climático al almacenar carbono en la biomasa por medio de la fotosíntesis y en el suelo por medio del ciclo del C (Conant *et al.*, 2005).

El aprovechamiento adecuado de praderas requiere del conocimiento sobre el manejo agronómico, distribución estacional del rendimiento y la respuesta a la defoliación (Castro, 2009). De aquí la importancia de establecer sistemas de manejos de praderas adecuados y eficientes para cada tipo de sistema de producción teniendo como meta proporcionar forraje de alta calidad y en suficientes cantidades durante todo el año para maximizar el desarrollo de los animales sin la necesidad de alimento suplementario (Stichler *et al.*, 1999). La implementación de prácticas de manejo a partir del conocimiento de estos factores puede generar mayor productividad en praderas o bien en ingresos para los productores de forrajes y ganado.

Los patrones de producción de biomasa vegetal o forrajes están influenciados por variaciones del clima y a pesar de la importancia de estos como fuente de alimento para la producción de ganado y su comercialización, la información disponible con relación a su manejo estacional óptimo es escasa, por lo que se requiere generar información en las diferentes regiones del país donde dichas plantas son cultivadas ya que las condiciones ambientales varían de una región a otra. Con base en lo anterior el objetivo del presente trabajo fue conocer de manera indirecta la situación de la producción de alfalfa en la Villa de Zaachila, determinar el momento óptimo de cosecha de dicha especie mediante el análisis de sus dinámicas de crecimiento y la evaluación de una especie forrajera alternativa.

CAPITULO 1

1. REVISION DE LITERATURA

1.1 Descripción de la Alfalfa (*Medicago sativa L.*)

Es una planta perenne erecta de hasta 1m de altura, tallos pubescentes a glabros algo ramificados, partiendo varios desde la base; tiene hojas con peciolo de 0.8 a 1.5 cm de largo, foliolos oblongos o elípticos a oblanceolados de 0.8 a 3.5 cm de largo por 0.4 a 1.5 cm de ancho; flores dispuestas en racimos axilares ovoides u oblongos de 0.7 a 1.3 cm de largo, pedicelos cortos y corola morada o azul; siendo considerada una planta de origen euroasiático (Rzedowski, 2001). El sistema radicular es pivotante profundo pudiendo alcanzar de siete hasta nueve metros de profundidad y las semillas son de color amarillo, verde oliváceo o marrón brillante (Berlijn *et al.*, 1985).

Muestra considerables variaciones en formas y adaptaciones al medio ambiente, su hábito de crecimiento varia de erecta a decumbente desde áreas subtropicales a regiones templadas y de baja a altas elevaciones. Está adaptada a elevaciones de cerca 2,400 m y puede soportar altas temperaturas de 39 - 41 °C, se reporta que crece en condiciones de precipitación de 0.9-27.2 dm, un rango de temperatura anual de 4.3-28.5 ° C y de pH de 4.3-8.7 (Duke, 1981).

La alfalfa es una de las pocas especies que toleran pastoreos intensos con la condición de que no sean frecuentes, en cambio no admite pastoreos frecuentes aunque sean livianos (Smith, 1975). La persistencia de una planta representa el tiempo que la planta perdura en la pastura, pudiendo ser estimada a partir del número de plantas por metro cuadrado. Esta característica es muy buscada a la hora de realizar la implantación de un cultivo a base de alfalfa pero puede verse afectada por varios factores entre los cuales se encuentran la tolerancia a bajas temperaturas, resistencia a plagas y enfermedades, y principalmente el manejo al cual es sometido el cultivo en conjunto con la carga animal y el descanso que se le dé para su recuperación (Espil, 2010).

Dorantes (2000) reportó que en la región de Texcoco, Estado de México, la alfalfa registró un rendimiento de forraje más alto en mayo, debido a las temperaturas altas, que favoreció

una mayor acumulación de materia seca (MS). Asimismo, Rivas *et al.* (2005) al evaluar cinco variedades de alfalfa encontraron que el mayor rendimiento de MS por corte fue en Julio y Agosto, con un promedio de 2.8 t MS ha⁻¹ por corte. El rendimiento estacional de MS acumulada, expresado como porcentaje del rendimiento de MS total (31, 132 kg MS ha⁻¹), presentó el siguiente orden descendente: verano 31% >primavera 27% >otoño 22% >invierno 20%. Morales *et al.*, (2006) reportó que en alfalfa cultivada en invernadero con fertirriego, no se registraron variaciones en el rendimiento de 14 variedades de alfalfa, pero reporta que el mayor rendimiento y la mayor altura se registraron en los meses más calurosos (Abril y Mayo) del año, por lo que la temperatura está estrechamente relacionada con el rendimiento de forraje (Castro *et al.*, 2012).

1.2 Estacionalidad del crecimiento y rendimiento del forraje.

El crecimiento es el aumento irreversible en la masa de una planta, por tanto, un fenómeno cuantitativo el cual es posible medir y expresarlo como un aumento en longitud o diámetro del vegetal y peso, siendo producto de diversas interacciones del clima con las plantas, suelos y prácticas de manejo (Rojas, 2011).

Las condiciones medioambientales, principalmente el clima determinan la estacionalidad en la producción de forraje, observándose que para la región templada del país se tiene una época de abundancia durante primavera-verano debido a condiciones climáticas favorables y un periodo de deficiencia en el otoño-invierno debido a bajas temperaturas y heladas (Rojas, 2011). La capacidad con la que una especie produce forraje representa un balance entre la tasa de crecimiento y la pérdida de tejido por senescencia y descomposición, lo cual varía dependiendo de la estación del año (Velasco *et al.*, 2001).

De acuerdo con Rivas *et al.* (2005) la producción de materia seca en cinco variedades de alfalfa que evaluaron fue diferente a través del año siendo mayor en la estación de verano que en otoño e invierno y concluyendo que podría maximizarse la producción en el Valle de México si los regímenes de corte se ajustaran para cada estación del año. Velasco *et al.* (2002) encontró que en ballico perenne el más rápido crecimiento y acumulación de forraje se presentó en primavera, seguido del verano y observándose los menores valores de

acumulación en otoño e invierno. De la misma manera en pasto ovilla se observaron variaciones en la acumulación estacional de materia seca total siendo mayor en primavera y verano, que en otoño e invierno (Velasco *et al.*, 2001).

Por su parte Cruz (2009) observaron en trópico que la distribución estacional del rendimiento total promedio de los 24 genotipos de *Brachiaria* evaluados fue 83% en lluvias, 9% en nortes y 8% en secas. López *et al.* (2009) al evaluar 6 gramíneas tropicales reportó que la producción de forraje máxima se concentró en la época de lluvias y siendo muy escasa o nula en la época de sequía siendo necesario implementar prácticas de conservación de forraje para enfrentar los problemas ocasionados por la estacionalidad climática en ranchos ganaderos de Veracruz.

En otro estudio realizado en ballico perenne pastoreado con ovinos se observó que la mayor acumulación de forraje ocurrió en la época de lluvias esto debido a que la disponibilidad de agua y temperatura son las adecuadas para una recuperación rápida de las praderas (Garduño *et al.*, 2009). Santos *et al.* (2011) reportó que cuando hay un cambio de estación de verano a otoño hay una reducción en el fotoperiodo, temperatura y precipitación por lo que todos los forrajes que evaluaron mostraron un patrón negativo en el desarrollo de masa forrajera reduciendo todas las características morfológicas que determinan el desarrollo de la planta, con lo que pudieron inferir que los pastos necesitan un manejo diferente dependiendo de la estación del año.

1.3 Factores que afectan la producción de forraje.

1.3.1 Temperatura

El crecimiento y desarrollo de las plantas están estrechamente relacionados a las condiciones medioambientales que las rodean, dentro de estos siendo la temperatura, luz, disponibilidad de agua y nutrientes destacan por ser altamente determinantes para estos mecanismos (Colabelli *et al.*, 1998).

En un modelo propuesto por Nabinger y Faccio (2009) en donde abordan la problemática de la producción de forraje para la alimentación animal considerando las condiciones del

medio (temperatura, agua, radiación solar, etc.) y las de manejo (frecuencia e intensidad de defoliación) como las que principalmente afectan la morfogénesis y por consiguiente las características estructurales del pasto, por lo que mencionan que es necesario conocer las respuestas de las distintas plantas forrajeras a las variables ambientales no controlables como el primer paso para definir su potencial productivo y de esta forma poder predecir las respuestas morfogénicas de diferentes genotipos de plantas a variaciones en las condiciones de temperatura, radiación solar, fotoperiodo y de esta manera explicar las variaciones en la velocidad de acumulación de forraje, factor que determinara el ritmo de utilización del pastizal.

La temperatura es el factor que tiene mayor impacto ya que es al cual las plantas responden de manera inmediata siendo esta la que gradúa la morfogénesis (Colabelli *et al.*, 1998). La temperatura óptima para la fotosíntesis de gramíneas tropicales esta alrededor de los 35° C mientras que para las leguminosas es de 31° C, las altas temperaturas ejercen una influencia negativa sobre la calidad del forraje ya que incrementa la actividad metabólica con la cual varios productos solubles del contenido celular son transformados en componentes estructurales y favorecen la actividad enzimática asociada a la producción de lignina (Morillo, 1994). La temperatura también afecta a todas las reacciones bioquímicas de la fotosíntesis, a concentraciones altas de CO₂ la fotosíntesis muestra una fuerte dependencia a la temperatura, al incrementarse la temperatura se incrementa la tasa de carboxilación pero se produce un descenso en la afinidad del rubisco por el CO₂ (Pérez, 2009).

1.3.2 Humedad

Desde un punto de vista agrícola la precipitación se considera importante como una fuente de humedad del suelo y por el efecto de esta sobre la producción de forraje, la falta de humedad en el suelo ocasiona una pérdida de agua por transpiración de la parte aérea de la planta que excede la entrada de agua por las raíces, esta pérdida de agua reduce la tasa de crecimiento de la parte aérea ya que el mantenimiento de la turgencia y crecimiento celular se ven afectados negativamente debido a que la transpiración provoca que algunos compuestos acumulados pueden ser utilizados para fines distintos al crecimiento (Morillo, 1994).

El déficit hídrico afecta de igual manera de forma negativa la expansión del área foliar, esto debido a que la elongación celular se ve afectada, lo que repercute en una reducción en la tasa de elongación foliar provocando un menor tamaño de hoja, estos efectos inciden sobre el desarrollo del Índice de Área Foliar (IAF), por lo que una parte importante en la reducción de la tasa de crecimiento de la planta se debe a la menor cantidad de energía lumínica interceptada (Colabelli *et al.*, 1998).

Otro factor que tiene un impacto importante sobre la producción de forraje es la luz ya que la relación entre esta y la producción tiene que ver con la densidad de masa foliar, la disposición de las hojas en la planta y la tasa de fotosíntesis (Vadell y Medrano, 1986).

La cantidad de carbohidratos que una planta puede producir en un periodo de tiempo dado depende de la cantidad de energía solar que puede capturar para convertirla en tejido, dicha radiación disponible para el crecimiento de la pradera depende de la cantidad de la radiación solar en la cima de la atmosfera la cual cambia con los patrones estacionales de acuerdo a la latitud (DeRamus, 2007). La fotosíntesis se encuentra controlada principalmente por la intensidad y duración de la luz que alcanza los órganos donde tiene lugar, la nubosidad llega a ser un factor negativo para el crecimiento de muchas especies forrajeras ya que disminuye el nivel de carbohidratos solubles lo que generalmente va acompañado de un aumento en los constituyentes de la pared celular y lignina (Morillo, 1994).

1.3.3. Reserva de carbohidratos en raíz.

Es bien conocido que cuando los cultivos de alfalfa son sometidos frecuentemente a defoliaciones hay una significativa reducción en las tasas de rebrote y una limitada acumulación de reservas de Carbono (C) y Nitrógeno (N) en las coronas y raíces (Reynolds & Smith, 1962). Niveles bajos de reservas endógenas reduce el rendimiento por que estos son movilizados para apoyar el rebrote, particularmente después de una defoliación o a principios de la primavera (Teixeira, Moot, Brown, & Fletcher, 2007). Recuperar el balance de C en la planta es necesario para restablecer el crecimiento vegetal y el mantenimiento de

la estructura, son dos los procesos que afectan la recuperación de la ganancia de carbono: el restablecimiento de la canopia fotosintética por el crecimiento de hojas y tallos, y el incremento de la capacidad fotosintética del follaje remanente que está creciendo (Perreta y Veggeti, 1997).

La producción de nuevos rebrotes durante los primeros días después de una defoliación requiere de la utilización de componentes C y N que se encuentran reducidos por dicho proceso, la disponibilidad de reservas orgánicas viene siendo un factor crítico en esta fase de rebrote (Erice *et al.*, 2011). En leguminosas forrajeras como la alfalfa o el trébol blanco ha sido demostrado que los rebrotes de primavera así como los rebrotes después de un corte mecánico o por pastoreo dependen fuertemente de las reservas de N en la raíz (Hendershot & Volenec, 1993). Es bien conocido que las reservas endógenas de N principalmente aminoácidos y proteínas son usadas para el rebrote de las partes aéreas, mientras que las reservas de C son principalmente usadas para el sostenimiento del metabolismo respiratorio de los órganos bajo el suelo (raíz y nódulos) (Ta, MacDowall, & Faris, 1990).

Los carbohidratos solubles que se encuentran contenidos en los pastos son usados para procesos bioquímicos como la síntesis de proteínas, lípidos, grasas y paredes celulares, siendo fructuosas, azúcares y almidón los más importantes y que en su mayoría son almacenados en raíces y la base de la planta (t Mannetje, 2003). Teixeira *et al.* (2007) encontró que la concentración de azúcares solubles en las raíces difieren estacionalmente y cuando los suministros fotosintéticos de carbono estaban reducidos por defoliaciones frecuentes estos azúcares son movilizados rápidamente para atender la demanda de energía y esqueletos de C para el rebrote y procesos respiratorios.

1.3.4 Índice de área foliar.

La fotosíntesis es el proceso que conduce el crecimiento de la planta y la producción animal y es dependiente del área y eficiencia de los tejidos verdes de la planta (t Mannetje, 2003). Este crecimiento es debido al abastecimiento de energía en forma de azúcares simples producidos durante la fotosíntesis, cuando la clorofila de la hoja es expuesta a la luz solar (Horrocks & Valentine, 1999). Recientes investigaciones han mostrado que la

intercepción de luz por las hojas está influenciado por su forma, distribución y movilidad en relación a la radiación entrante (t Mannelje, 2003).

El rendimiento de la alfalfa está directamente relacionada a la cantidad de radiación solar interceptada por el dosel del cultivo durante cada ciclo de rebrote (Gosse, Chartier, & Lemaire, 1984). Esta intercepción de luz se encuentra modulada por la expansión del dosel a través de la tasa de aparición de hojas y la expansión del área foliar, las cuales están mayormente controladas por la temperatura (Robertson *et al.*, 2002).

Una característica importante del dosel que determina la intercepción de la radiación es el índice de área foliar, el cual se define como el área de hoja verde por unidad de área de suelo, y hace referencia a la hoja solamente o a la lámina más la mitad del área de superficie expuesta (Allen *et al.*, 2011). El índice de área foliar al cual el 95% de la radiación es interceptada es usualmente denominado el índice de área foliar crítico, el cual varía entre especies; desde un punto de vista agronómico las operaciones agrícolas deben planear incrementar el índice de área foliar rápidamente hasta alcanzar esta fase y mantenerla el mayor tiempo posible (White & Hodgson, 2000), ya que conforme se incrementa el índice de área foliar mayor será la cantidad de luz interceptada y mayor la tasa de crecimiento (Horrocks & Valentine, 1999).

Se ha reportado que en cultivos de alfalfa con niveles bajos de reservas endógenas se tienen bajos índices de área foliar y ocasionando bajos índices de desarrollos de órganos, limitaciones en el proceso de crecimiento, índices rápidos de senescencia de tejidos y cambios en la estructura del dosel que reducirán el índice de área foliar (Justes *et al.*, 2002).

1.4 Rebrote.

El proceso de defoliación es considerada como una perturbación natural del crecimiento y desarrollo de las plantas en la cual se involucran cambios fisiológicos en ella, esta defoliación implica la remoción de la parte aérea de la planta dando como resultado un conjunto de procesos encausados a reponer el material que ha sido removido, proceso conocido como rebrote (Cruz, 2009).

La capacidad que tiene una planta para rebrotar después de una defoliación se encuentra determinada por una variedad de factores fisiológicos como climáticos, la reserva de carbohidratos presente en la raíz, el área foliar remanente y los meristemos de crecimiento presentes después de la cosecha (Rojas, 2011). En especies como ballico perenne las reservas de carbono y nitrógeno en las raíces y tallos contribuyen a la formación de nuevas hojas, sin embargo solo son suficientes para dos días de rebrote, por lo que el crecimiento el rebrote depende principalmente del área fotosintéticamente activa que se incrementa conforme se forman nuevos tallos y hojas (Velasco *et al.*, 2005).

1.5 Dinámicas de crecimiento.

Las pasturas deben ser consideradas como un ecosistema en el cual la productividad y sustentabilidad dependen de factores tanto bióticos como abióticos y sus interacciones, algunos factores como distribución de lluvias, radiación solar y temperatura no pueden ser controladas sin embargo para optimizar la productividad de este ecosistema se puede manejar la fertilidad del suelo, estado nutricional de la planta, composición de especies y la defoliación; de estas opciones las tres primeras son relativamente lentas de cambiar, mientras que la defoliación es la más importante opción de manejo a corto plazo, siendo sus dos principales componentes la intensidad y frecuencia (Pereira, 2010). Por lo tanto tener conocimientos acerca del desarrollo morfológico de los forrajes es una consideración importante en la aplicación y sincronización de prácticas de manejo en especies forrajeras (Moore and Moser 1995).

Diversos estudios han sugerido que un esquema de defoliación basado en un calendario de días o por el estado de desarrollo del cultivo son una buena opción para un manejo adecuado de los forrajes, aunque una recomendación útil no puede ser universalmente aplicable, esto es porque el proceso fisiológico que controla el crecimiento y desarrollo de los cultivos responden a señales estacionales del ambiente (Teixeira, 2008).

El crecimiento tanto de una planta individual como el de una pradera generalmente sigue la forma de una curva sigmoideal la cual está caracterizada por cuatro fases: 1) fase de lenta

acumulación de forraje, en la cual la hoja no tiene suficiente área para interceptar radiación solar y la expansión y creación de nuevos tejidos depende de la reserva de carbohidratos de la base de los tallos, rizomas y estolones, 2) fase de crecimiento exponencial, se incrementa la acumulación de forraje por el incremento del área foliar por lo que se intercepta más luz y se incrementa la fotosíntesis, al ser las hojas más jóvenes estas son fotosintéticamente más eficientes la máxima tasa de crecimiento determina el fin de esta fase, el objetivo del manejo de defoliación es prolongar esta fase para alcanzar la máxima producción de forraje, 3) fase decreciente de la acumulación de forraje, como la materia seca incrementa las hojas viejas dominan la fracción superior de la canopia con lo cual decrece la eficiencia fotosintética y empieza a haber senescencia foliar, 4) fase de máximo rendimiento, ocurre cuando es alcanzado y la masa de forraje empieza a declinar por la senescencia, en esta fase la tasa de senescencia es igual a la tasa de aparición de hojas resultando en una producción de forraje constante (Pereira, 2010).

Las dinámicas de crecimiento de las plantas que siguen este patrón de curva están dadas por la tasa de producción neta de forraje en una pradera sin cosechar, la cual corresponde a la diferencia entre la tasa de crecimiento de tejido vegetal y la tasa de pérdida por senescencia y descomposición; bajo estas condiciones, el inicio del crecimiento después de una defoliación ambas tasas son lentas; posteriormente la de crecimiento se acelera y supera a la de senescencia, en tanto conforme el forraje madura la tasa de crecimiento es balanceada por el aceleramiento de la tasa de senescencia, llegando a ser mínima la producción neta (Velasco *et al.*, 2002).

El balance entre la tasa de crecimiento y pérdida de una pradera cambia con la estación del año (Velasco *et al.*, 2002), por lo que la determinación de las curvas de crecimiento estacional de un pastizal permite determinar la frecuencia con la cual se podría aprovechar el forraje (Hodgson, 1990). A pesar de que la masa de forraje acumulado durante el rebrote de ciertos pastos como el ryegrass está bien documentado y ofrece importantes y principios transferibles de cómo los pastizales pueden ser manejados eficientemente, en la práctica, las curvas de crecimiento pueden ser altamente variables en su forma durante el tiempo, incluso sucesivas curvas pueden tener distintas trayectorias siendo difícil confirmar las

causas de esta variabilidad dentro y entre años; muchos factores pueden estar involucrados más notablemente los cambios en los patrones climáticos, esta observación permite soportar la idea de un monitoreo frecuente de los pastos y aplicar indicadores para la preparación de la cosecha (Chapman *et al.*, 2011).

1.6 Calidad de los forrajes.

Los animales obtienen de las plantas los nutrientes necesarios para su crecimiento, producción y reproducción, la calidad de estos nutrientes dependen del tipo de planta que consumen, la parte de la planta que es consumida, su edad, la época de crecimiento, clima, suelo, sitio, carga animal y compuestos antinutricionales (Lyons, Machen, & Forbes, 2001). La calidad de los forrajes puede ser definida como el grado en el cual el forraje tiene el potencial de producir la respuesta animal deseada; esta calidad puede variar significativamente entre y dentro de los cultivos forrajeros y las necesidades nutricionales variar entre y dentro de las especies animales, por lo tanto, una producción adecuada de forraje de calidad para una situación específica requiere del conocimiento de aquellos factores que afectan su calidad (Ball *et al.*, 2001).

La calidad nutricional del forraje en cualquier momento es el promedio ponderado de la proporción de los componentes de la planta y de su valor nutritivo (Machado, Morris, Hodgson, Matthew, & Auza, 2007). Los nutrientes totalmente digeribles, proteína cruda, y energía metabolizable son a menudo usados como indicadores de la calidad del forraje (Pinkerton, 2005). Por lo tanto un conocimiento detallado de la materia orgánica digerible o la proteína digerible es muy importante para expresar el valor nutritivo de cualquier forraje (Pozdíšek, Loučka, & Macháčová, 2003). Adicionalmente cenizas, celulosa, fibra cruda, fosforo, caroteno y algunos otros compuestos químicos son también medidos y utilizados como indicadores de calidad (Amiri, 2012). Existen varios factores que influyen en la composición química de los pastos entre los que se encuentran factores propios de la planta como la especie, edad, morfología; factores ambientales como temperatura, radiación solar, precipitación, fertilidad; y factores de manejo sobre la pastura. Algunos estudios han demostrado que especies leguminosas producen forrajes de mejor calidad que

las gramíneas, debido a que tienen un menor contenido de fibra y un mayor consumo voluntario (Amiri, 2012).

La calidad del forraje de alfalfa está determinada principalmente por dos componentes: el contenido de proteína y la proteína digestible (Hill Jr, Shenk, Barnes, Hanson, & Barnes, 1988). La digestibilidad de la alfalfa depende del contenido de lignina y celulosa los cuales al ser mayores en las últimas fases del desarrollo de la planta tiende a reducir su coeficiente de digestibilidad (Milić *et al.*, 2011). El contenido de proteína de la alfalfa está relacionado con su valor nutritivo el cual depende de la proporción de hojas y tallos, una disminución en el contenido de proteína puede ser efecto de una disminución de la relación hoja:tallo ya que las hojas tienen un contenido de proteína más estable y mayor que los tallos (Milić, *et al.*, 2011).

1.7 Valor nutritivo.

Se le conoce como valor nutritivo a la capacidad de los pastos para garantizar o no las exigencias nutritivas de los animales para su mantenimiento, crecimiento y reproducción, siendo este resultado de la ocurrencia de una serie de factores intrínsecos de la planta como su composición química, digestibilidad, factores ambientales, factores propios del animal y la interacción entre el pasto, el animal y el ambiente (Pirela, 2005).

En rumiantes, la característica que tiene mayor influencia sobre el consumo del alimento es la calidad del forraje, un forraje de buena calidad es esencial para lograr un consumo de nutrientes adecuado por parte del animal (Filomena *et al.*, 2007). Son varios los factores que afectan la calidad nutritiva de los pastos entre los que se encuentran factores propios de la planta como la especie, edad, morfología, etc.; factores ambientales como temperatura, radiación solar, precipitación, fertilidad y tipo de suelo; y factores de manejo que el hombre ejerce sobre la pastura como son la frecuencia y altura de corte o pastoreo, carga y tiempo de ocupación (Pirela, 2005).

El nivel de producción alcanzado por un animal en pastoreo es una medida del valor de consumo de los pastos y este depende de dos factores primarios: la cantidad de forraje

consumido y la calidad nutritiva del forraje. Las concentraciones de nutrientes en los tejidos de las plantas cambian conforme está madura y difiere entre especies. Conforme la planta madura hay un incremento progresivo en el contenido de fibra que está asociado con la lignificación de la pared celular y a una disminución de la proporción fácilmente digestible del contenido celular. Esta proporción digestible contenido en la materia seca es usado como el principal indicador del valor nutritivo de la planta. Estos cambios con la edad también están asociados con un decline progresivo en las concentraciones de nitrógeno y carbohidratos solubles en el tejido de la planta (White and Hodgson, 1999).

Una de las necesidades básicas en la planeación y utilización de pasturas y un logro del desarrollo óptimo del ganado es determinar las necesidades nutricionales del mismo en términos de energía, proteína, minerales y vitaminas; esto solo es posible cuando la calidad de las pasturas forrajeras por cada región en términos de su composición química es conocida. Un conocimiento detallado de la materia orgánica digestible o proteína cruda digestible es muy importante para expresar el valor nutritivo de los cultivos forrajeros (Pozdisek *et al.*, 2003) en diferentes regiones y condiciones climáticas debe ser considerado para una apropiada utilización de las pasturas (Amariri *et al.*, 2012).

1.8 Relación hoja:tallo.

La relación hoja:tallo es un componente de la arquitectura del dosel el cual es un factor determinante en la selección de la dieta y el consumo de forraje en pastos tropicales (Chacon, Stobbs, & Dale, 1978), también representa un importante indicador de la calidad porque de este depende la calidad del forraje obtenido, ya que un porcentaje elevado de hojas es lo más deseable por que en estas se encuentra un contenido de proteína cruda al menos dos veces mayor que en los tallos (Popovic, Stjepanovic, Grljusic, Cupic, & Tucak, 2001). El contenido de proteína y otros aspectos relacionados a la calidad, como por ejemplo, la digestibilidad en el forraje de alfalfa están estrictamente relacionados con la relación hoja:tallo al momento del corte (Annicchiarico, Scotti, Carelli, & Pecetti, 2010).

La relación hoja:tallo varía dependiendo del número de corte al que es sometido, al primer corte el porcentaje promedio de hojas es aproximadamente igual que el de tallos, al

segundo corte las hojas fueron un 10% menos que los tallos y al tercer corte el porcentaje de hojas fue 27% mayor que los tallos (Stavarache *et al.*, 2012). De igual manera conforme la planta madurez de la planta avanza la relación hoja:tallo usualmente disminuye, por ejemplo en alfalfa una semana después de la semana de brote la planta tiene una relación de 1.4 decreciendo alrededor de 0.5 durante las siguientes semanas (Albrecht, Wedin, & Buxton, 1987).

Una reducción en la relación hoja:tallo es la mayor causa en la disminución de la calidad del forraje junto con la madurez, esto debido a que las hojas son de mayor calidad que los tallos y la proporción de hojas en el forraje declina conforme la planta madura. Aquellos tallos más viejos de alfalfa tienen menos del 10% de proteína cruda comparado con un 24% de las hojas (Ball, *et al.*, 2001).

1.9 Digestibilidad y madurez del forraje.

La madurez del forraje influye en su calidad más que cualquier otro factor, pero el ambiente que rodea a la planta y factores agronómicos modifican el impacto de la madurez del forraje sobre la calidad causando año con año efectos estacionales y geográficos sobre la calidad incluso cuando la cosecha se realice en el mismo estadio de desarrollo (Buxton, 1996).

La pared celular de los forrajes provee la fibra que el rumiante requiere para el funcionamiento normal del rumen, las paredes celulares de las plantas están compuestas mayormente de carbohidratos estructurales y lignina, siendo estos componentes de la pared celular lo que limitan el consumo de alimento y la digestibilidad del mismo. Los tallos de la mayoría de los forrajes tienen una mayor concentración de paredes celulares que las hojas por lo que usualmente son menos digestibles, observándose también que las diferencias entre la digestibilidad de hojas y tallos es normalmente mayor en leguminosas que en gramíneas (Buxton, 1996).

La concentración de nutrientes en los tejidos de la planta cambian conforme la planta madura y difiere entre especies; se da un incremento progresivo en el contenido de fibra

asociado con la lignificación de las paredes celulares y el desarrollo de tejido estructural, aunado al decline de la proporción de aquellos contenidos celulares fácilmente digestibles. Estos cambios con la edad están asociados con un progresivo descenso en la concentración de nitrógeno y carbohidratos solubles en los tejidos de la planta, junto a la acumulación de hojas muertas y tallos en la base de la pradera resultando en una disminución en el valor nutritivo general (White & Hodgson, 2000). La digestibilidad de la materia orgánica de la alfalfa depende del contenido de celulosa y lignina, como la lignina es virtualmente indigestible la lignificación intensiva de la pared celular en los últimos estadios del desarrollo de la alfalfa tiende a reducir su coeficiente de digestibilidad (Milić, *et al.*, 2011).

1.10 Proteína y madurez del forraje.

La calidad del forraje de la alfalfa está determinada por dos componentes principales la proteína digestible y el contenido de proteína (Hill *et al.*, 1988). El contenido de proteína depende del porcentaje de hojas presente en el rendimiento de materia seca el cual esta correlacionado positivamente con el contenido de proteína (Julier, Guines, Ecalte, & Huyghe, 2001).

La disminución del contenido de proteína resulta de un efecto de dilución relacionado con la disminución de la relación hoja:tallo ya que las hojas tienen un contenido de proteína más estable y su nivel de proteína es mucho más alto que el presente en los tallos (Milić, *et al.*, 2011). La concentración de proteína es mayor en plantas inmaduras que en el forraje ya maduro y la disminución de su concentración ocurre conforme avanza la madurez debido a que disminuye la cantidad de proteína presente en las hojas y tallos aunado a que los tallos con su menor concentración de proteína ocupan una mayor proporción del forraje mientras este madura (Buxton, 1996). La cantidad promedio en que decrece la proteína cruda conforme avanza la madurez para varios forrajes ronda 1g/kg/d (Minson, 1990).

El contenido proteico en gramíneas tropicales presentan niveles relativamente altos en los estadios iniciales de crecimiento para luego caer marcadamente hasta antes de la floración continuando hasta la madurez momento en el que el N es traslocado de las hojas a los tejidos de las reservas (Pirela, 2005).

1.11 Frecuencia y severidad de defoliación.

El rendimiento del cultivo depende tanto de factores genéticos como ambientales, sin embargo el manejo del cultivo es un factor a considerar para mejorar el rendimiento e incrementar la persistencia de la pradera, entre estos la frecuencia e intensidad de corte son factores importantes para establecer el calendario de corte de la alfalfa con base al estado de desarrollo de la misma (Hernández, Pérez, & González, 1992). La frecuencia y severidad de cosecha de las plantas forrajeras, determinan el rendimiento de forraje por unidad de superficie y la contribución de cada especie en la pradera, entendiéndose por frecuencia de cosecha al intervalo en tiempo entre un corte y el siguiente, o bien, el número de cortes realizados en una pradera en un periodo de tiempo determinado generalmente en una estación o durante un año (Speeding, 1971).

Con el objetivo de explorar las mejores condiciones para cultivar la alfalfa se debe prestar especial atención al tiempo de cosecha ya que representa una variable importante siendo intercambiable entre la calidad, cantidad, calendario de producción anual y duración de la pradera (Teixeira, Moot, Brown, & Pollock, 2007). Diversos estudios han mostrado que el mejor momento para realizar el corte esta generalmente asociado con el momento de la floración, sin embargo, con el objetivo de mejorar la calidad del forraje sin reducir su rendimiento puede ser obtenido incrementando la frecuencia de corte y por lo tanto el número de cortes por año (Lemaire & Allirand, 1993).

El proceso fisiológico que controla el crecimiento y desarrollo de los cultivos responden a las condiciones ambientales (Teixeira, 2008), debido a esto el conocimiento de los cambios estacionales en el rendimiento de la especie, permite determinar la mejor frecuencia de cosecha, para obtener la mayor producción de forraje de alta calidad por superficie (Villegas *et al.*, 2004, Velasco *et al.*, 2002). La frecuencia e intensidad de pastoreo pueden definir el nivel de producción animal de una pradera por que las especies que la componen determina la producción de forraje y su calidad, tanto en el aporte de forraje como de cada componente morfológico presentes en la pradera (White & Hodgson, 2000).

Con respecto a esto se ha reportado que en cinco variedades de alfalfa la producción de materia seca es diferente a través del año obteniéndose los mayores rendimientos en verano con una frecuencia de corte cada cuatro semanas, en otoño cada cinco y en invierno cada seis (Rivas, López, & Hernández-Garay, 2005). Por su parte (Pedroza *et al.*, 2010) encontraron que el rendimiento de forraje en alfalfa, área foliar por tallo y radiación interceptada se incrementan conforme aumenta el intervalo entre cortes, obteniéndose la mayor cantidad de materia seca con la frecuencia de corte a seis semanas en primavera-verano y a las siete semanas en otoño-invierno. Por otra parte se reporta que en dos variedades de alfalfa el momento óptimo de corte varío con la estación del año y para obtener la máxima producción de forraje la cosecha debe realizarse a una frecuencia de corte de cuatro y cinco semanas durante verano y otoño respectivamente, mientras que en primavera e invierno debe ser a la sexta semana (Villegas Aparicio *et al.*, 2012). Se reportó que en una pradera de alfalfa-ovillo el rendimiento anual y por estación, así como la magnitud y duración de la tasa diaria de acumulación del forraje dependen de la frecuencia e intensidad de pastoreo aplicados siendo un pastoreo frecuente y severo propicio para la invasión de la misma por especies ajenas a la asociación lo que aumenta el riesgo de una menor persistencia de la pradera (Hernández Garay *et al.*, 2012).

1.12 Métodos de estimación de forraje

La biomasa presente en la pradera hace referencia a la medida instantánea a nivel del suelo del peso total del forraje por unidad de superficie (Hodgson, 1979). La habilidad para medir precisamente la biomasa de la pastura sobre el suelo es importante para poder calcular el forraje disponible y la carga animal en pastoreo (Harmony, Moore, George, Brummer, & Russell, 1997).

El método tradicional para calcular la biomasa de forraje es el método de corte y pesaje, este método requiere de un gran esfuerzo para coleccionar muestras suficientes para representar con precisión a la pastura y los productores no están dispuestos a realizar este esfuerzo día con día para el adecuado manejo de su pradera (Sanderson, Rotz, Fultz, & Rayburn, 2001).

Existen métodos menos tediosos que no requieren del corte de la pastura y que permitirían a los productores tomar una mayor cantidad de lecturas y gastar menos tiempo en determinar la biomasa total de la pastura (Harmony, *et al.*, 1997). Estos otros métodos desarrollados para calcular el valor de la biomasa forrajera son conocidos como métodos indirectos y pueden ser utilizados cuando esta se encuentra bien correlacionada con alguna otra característica de la vegetación (Braga *et al.*, 2009). Algunos de estos métodos han sido adaptados para su uso comercial incluyendo el medidor electrónico de capacitancia, el medidor de plato de levante y la regla graduada (Castillo Gallegos, Valles de la Mora, & Jarillo Rodríguez, 2012).

Estos métodos requieren de una calibración, es decir un procedimiento que establece la relación funcional entre la medición indirecta y el valor de la biomasa forrajera estimada (Braga, *et al.*, 2009). Una ecuación de una regresión lineal es el instrumento normalmente utilizado como la base para realizar estas calibraciones, estas regresiones son obtenidas de una serie de datos que representan una serie de lecturas de la biomasa forrajera. Otra medida común para estas calibraciones es la r-cuadrada (r^2) que estima la proporción de la variación en la biomasa la cual es explicada por la ecuación de la regresión en la cual una r^2 alta representa un mejor ajuste (White & Hodgson, 2000).

CAPITULO 2

ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO RELACIONADOS CON LA CALIDAD EN MANOJOS DE ALFALFA COMERCIALIZADOS EN ZAACHILA OAXACA.

2.1 RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo conocer los componentes del rendimiento y de la calidad de manera indirecta en manojos de alfalfa comercializados en la Villa de Zaachila Oaxaca y así establecer criterios de manejo y de la calidad de la misma. En un periodo de un año, se realizaron muestreos semanales de los manojos de alfalfa comercializados en la Villa de Zaachila, ubicada en la región Valles Centrales de Oaxaca, y se determinó el peso seco del forraje, relación hoja:tallo, y largo y peso de tallos. Los datos obtenidos fueron ordenados por mes y se estimaron las medias por LSMEANS mediante la prueba “t” de Student. Los resultados muestran que el peso seco fue superior ($P < 0.05$) en los meses de julio – septiembre que corresponden al verano (790 g MS manojos⁻¹), e inferior (440 g MS manojos⁻¹) en primavera (marzo - mayo). La altura y peso de los tallos fueron menores ($P < 0.05$) en los meses de noviembre a enero, es decir, en otoño e invierno (33 cm y 0.05 g tallo⁻¹ respectivamente), mientras que los valores incrementaron ($P < 0.05$) en febrero y mayo (78 cm y 0.19 g tallo⁻¹). Los datos de la relación hoja:tallo fueron variables ($P < 0.05$), registrándose en un rango entre 0.6 y 1.15. En la época de escasez de forraje los productores realizan los cortes cuando la alfalfa obtiene el mayor tamaño de planta, sacrificando la relación hoja:tallo y la calidad, por lo que el peso del manojos es menor, pero a la vez es más caro para el comprador. Los productores de alfalfa no conocen el manejo de las frecuencias de corte estacional y cortan la alfalfa cada 40 días independientemente de la época del año, lo que no permite optimizar la producción de forraje por superficie por año.

Palabras clave: Calidad, manojos de alfalfa.

2.2 ABSTRACT

The aim of this study was to know the yield's components and quality indirectly in bunches of alfalfa commercialized in Villa de Zaachila, Oaxaca and establishing criteria of handling and quality. For a year weekly samplings to alfalfa bunches commercialized in Villa de Zaachila were carried out, dry weight of the forage, leaf:stem ratio, length and weight of stems were determined. The data obtained were ordered per month and average was estimated by LSMEANS through "t" Student test. Results showed that dry weight was higher ($P < 0.05$) in July – September that match with summer ($790 \text{ g DM bunch}^{-1}$), and lower ($440 \text{ g DM bunch}^{-1}$) in spring (March – May). Height and weight of stems were lower ($P < 0.05$) of November to January, in other words, in autumn and winter (33 cm y 0.05 g stem^{-1} respectively) while values increased ($P < 0.05$) in February and May (78 cm y 0.19 g stem^{-1}). Data of leaf:stem ratio were variable ($P < 0.05$), recording in a range between 0.6 and 1.15. In shortage season of forage producers make cuts when alfalfa gets a bigger size sacrificing leaf:stem ratio and quality, being the weight of the bunch lower but more expensive for the buyer. The alfalfa producers don't know the handling of the seasonal cutoff frequencies and they cut the alfalfa every 40 days independently of the season, that does not allow optimizing the production of forage.

Key words: Quality, bunches of alfalfa.

2.3 INTRODUCCIÓN

La alfalfa es la leguminosa forrajera más conocida a nivel mundial, en México es ampliamente cultivada y en el año 2011 la superficie sembrada fue de 390,992 has, con un promedio de 57.6 toneladas de materia verde por hectárea (SIAP, 2012). El estado de Oaxaca ocupa el lugar 16 con un aporte del 1.45% del valor total de la producción a nivel nacional, siendo la región Valles Centrales donde se produce el 95%, y es el segundo cultivo más importante en esta región (OEIDRUS, Oaxaca, 2010). El aprovechamiento de la alfalfa como corte en verde es común en las regiones de Oaxaca donde se produce esta especie, y consiste en defoliarla y acarrearla para ser ofrecida a los animales directamente o bien comercializada en manojos (Villegas *et al.*, 2006).

Las cualidades de la alfalfa son su adaptación a diferentes climas, una fijación anual en promedio de 560 kg N ha⁻¹, alta producción en condiciones de stress hídrico, bajo consumo de energía y crecimiento lento por varios años sin resiembra y sin fertilización, producción de buenos nutrientes 15-22% proteína, y altos contenidos de vitaminas, minerales, y es mejoradora de la estructura del suelo por la penetración de sus raíces verticales incrementando la permeabilidad del mismo (Afsharmanesh, 2009).

Las características botánicas, y el hábito de crecimiento de la alfalfa, le permite ser cosechada repetidamente, y la velocidad de recuperación de la biomasa cosechada entre defoliaciones determina la frecuencia de corte y por lo tanto el momento óptimo de su aprovechamiento (Cangiano y Pece 2005; Mendoza *et al.*, 2010). Al respecto se ha demostrado que para la alfalfa cortada en verde, la frecuencia de cosecha debe definirse con base en el estado de desarrollo de la planta para lograr máximos rendimientos anuales y aumentar la persistencia. Para lo cual se debe caracterizar el crecimiento estacional de la alfalfa y así definir la frecuencia de defoliación con base en días entre cortes sucesivos, con la precaución de que la frecuencia sea definida para cada estación del año y a las condiciones climáticas (Hernández *et al.*, 1992). Por lo tanto, un calendario de corte de alfalfa consiste en establecer días entre cortes sucesivos a través del año en cada lugar de producción.

Villegas *et al.* (2006) evaluaron 4 variedades de alfalfa en los Valles Centrales de Oaxaca con diferentes frecuencias de corte durante un año de evaluación y reportaron diferencias en el rendimiento de materia seca por época y entre los calendarios de corte ($P < 0.05$), pero estas diferencias fueron compensadas a través del año, por lo que el rendimiento de forraje fue similar entre variedades y entre los calendarios de corte.

El crecimiento, rendimiento de materia seca, persistencia y longevidad del forraje depende del manejo estacional de la frecuencia e intensidad de defoliación (Rivas *et al.*, 2005). Siendo la frecuencia la que determina la calidad y el rendimiento, por lo que definir el calendario de cortes con base a la velocidad de crecimiento estacional es de suma importancia (Villegas *et al.*, 2004); sin embargo, en la región Valles Centrales de Oaxaca, la alfalfa es cosechada cada 40 días independientemente de la estación del año, lo que provoca cambios en la composición morfológica de la alfalfa que están estrechamente relacionadas con la calidad, como la relación hoja:tallo, peso y altura de tallos, entre otras variables.

La calidad del forraje es un término relativo, y es definida de varias maneras como el grado en que un forraje cubre los requerimientos nutritivos de tipo de especie o clase de animal (Allen *et al.*, 2011); el grado para el cual un forraje tiene el potencial de producir una respuesta deseable en el animal (Ball *et al.*, 2001) y la suma total de las partes que constituyen a la planta y que influyen en su uso para la alimentación animal (Cherney y Hall, 2008).

Existen varios factores que afectan la calidad de cualquier forraje, entre los más importantes están la especie forrajera, el estado de madurez al momento de la cosecha y para aquellos forrajes que son almacenados el método de cosecha y almacenaje; siendo la el estado de madurez el factor más importante que determina la calidad del forraje y es la variable que más fácilmente puede ser controlada por el productor (Ball *et al.*, 2001).

La calidad de la alfalfa ya sea en heno (pacas) o en verde (manojos) es determinada por el estadio de madurez al momento del corte, por las condiciones ambientales antes y durante

la defoliación, y por el manejo post cosecha que se le da (Vodraska y Seyedbadgheri, 1996). La madurez de la planta es el factor que más afecta morfológicamente y determina la calidad de un forraje (Nescier, *et al.*, 2004), esto debido a que el valor nutricional de un forraje decrece con cada día que el cultivo madura, es decir, hay una asociación negativa entre calidad y madurez ya que a medida que la pared celular madura especialmente en tallos maduros esta se impregna de lignina componente que reduce la digestibilidad del forraje factor que es asociado con la baja calidad de alfalfa (Fick y Mueller, 1989).

Esta variable también está correlacionada con variables fenológicas, como la relación hoja:tallo, peso y tamaño de los tallos, las cuales a la vez están correlacionadas con el rendimiento del forraje que produce una especie forrajera (Villegas *et al.*, 2004; Morales *et al.*, 2006; Nescier *et al.*, 2004). La relación hoja:tallo es un importante indicador de calidad porque de él depende la calidad del forraje obtenido, ya que el porcentaje de hojas deseable debe ser lo más alto posible porque en estas se encuentra un contenido de proteína cruda al menos dos veces mayor que en los tallos (Stavarache *et al.*, 2012).

Con el avance de la madurez se incrementa el rendimiento pero se reduce la relación hoja:tallo, la cual está ligada con la calidad del forraje, ya que las hojas y tallos de la alfalfa contienen diferentes concentraciones de proteína y fibra en las diferentes etapas de crecimiento del cultivo (Basigalup, 2000; Cupic *et al.*, 2011), así mismo el potencial de producción de biomasa de una especie, depende de las estructuras morfológicas, senescencia y de la asignación de planta para la producción de hojas (Martiniello y Teixeira da Silva, 2011).

Al respecto se menciona que la calidad de la alfalfa tiene dos componentes principales, la digestibilidad y el contenido de proteína, y ambas están positivamente correlacionadas con la proporción de hojas en la planta (Julier *et al.*, 2000). Tremblay *et al.* (2002) presentaron resultados que sugieren que la relación hoja tallo debe ser una variable considerada en programas para el mejoramiento de la calidad de la alfalfa, y su argumento se basa al evaluar la cantidad de proteína degradable en rumen de la hoja y el tallo de diferentes la

variedades de alfalfa, reportando que la digestibilidad de las proteínas está estrechamente relacionada con la proporción de hojas en el tallo.

Estudios en alfalfa mencionan que los factores ambientales tienen influencia en la productividad y calidad del forraje, y esta última puede ser mejorada al incrementar la relación hoja:tallo (Djukic *et al.*, 2004), sin embargo, otros autores reportan que en programas de mejoramiento genético, la relación hoja:tallo en plantas multifoliadas no puede relacionarse con el mejoramiento de la calidad del forraje, ya que tiene rendimientos similares o en ocasiones un poco más bajos con alfalfa trifoliadas (Petkova y Panayotova, 2007). Por lo tanto el factor más importante en el proceso de producción es que la planta tenga su mejor proporción de hoja:tallo al momento del corte, y este a su vez estará relacionado con la calidad del forraje.

El presente trabajo tuvo como objetivo conocer los componentes del rendimiento y de la calidad de manera indirecta en manojos de alfalfa comercializados en la Villa de Zaachila Oaxaca, durante un periodo de evaluación de un año y así establecer criterios de manejo del cultivo y de la calidad de la misma.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Localización del área de estudio.

El estudio se realizó en la Villa de Zaachila, Oaxaca, México, que se encuentra ubicado a 16° 57' N, y 96° 44' O, a 1520 m.s.n.m. El clima es templado subhúmedo C (w), con lluvias en verano (Mayo – Octubre), con una temperatura promedio anual de 17.5 ° C, y una precipitación promedio de 1500-2000 mm (García, 1988). Durante un año de evaluación (Agosto 2011 – Julio 2012), semanalmente se realizó un muestreo a los manojos de alfalfa comercializados en la localidad.

2.4.2 Variables estudiadas.

2.4.2.1. Peso seco del manajo.

Para determinar el peso seco el manajo muestreado se lavó y se pesó en fresco, posteriormente se tomó una sub muestra, la cual se deshidrató en un horno de microondas

comercial, hasta un peso constante, y se registró el valor de la materia seca por manojó (Crespo *et al.*, 2007).

2.4.2.2 Altura y peso de los tallos.

De los manojos muestreado se eligieron aleatoriamente 10 tallos de alfalfa; se tomó una regla graduada (precisión de 1 mm), y se registró la distancia entre la base del tallo y la parte superior del tejido vegetal más alto, registrándose el valor obtenido, para después obtener el promedio. Así mismo, estos tallos fueron lavados y secados en un horno de microondas hasta un peso constante y se registró el valor de materia seca por tallo.

2.4.2.3 Relación Hoja:tallo.

Se tomó una submuestra de forraje de los manojos muestreados, y se realizó la separación manual por componente morfológico, los cuales fueron secados y pesado para su registro, y la relación hoja:tallo se obtuvo al dividir la cantidad de materia seca en hojas y la cantidad de materia seca en tallos.

2.4.2.4 Composición botánica y morfológica.

Del forraje obtenido en los manojos se tomó una submuestra de aproximadamente el 25%, la cual se separó en alfalfa, malezas y otros pastos. Posteriormente la muestra de alfalfa, se separó en sus componentes morfológicos: hoja, tallo, inflorescencia y material muerto. Cada componente se secó en un horno de microondas. Para estimar la composición botánica y morfológica se utilizó la fórmula siguiente:

CB ó CM= peso seco del componente * 100 / rendimiento de forraje, donde, CB= composición botánica y CM= composición morfológica.

2.4.3 Análisis estadístico.

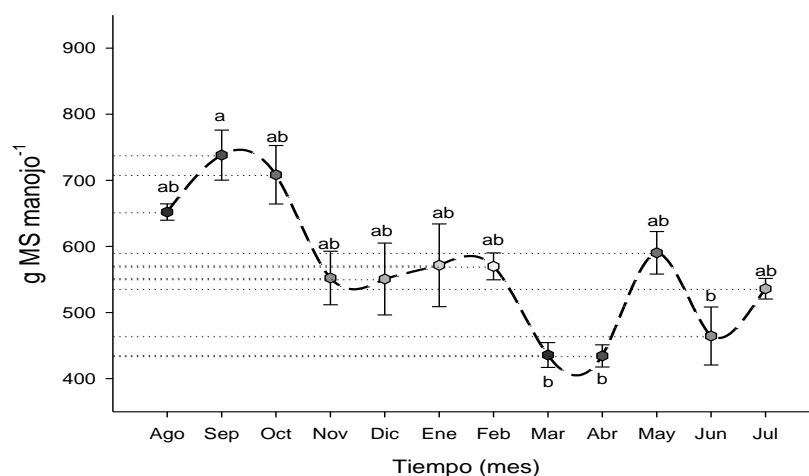
Los datos obtenidos se ordenaron mensualmente, para hacer una análisis de varianza, y se hicieron comparaciones de medias ($P < 0.05$) por el procedimiento PROC MIXED de SAS (2002).

2.4.4 Datos climáticos.

Los datos mensuales de temperatura a la intemperie y precipitación durante el periodo de estudio se obtuvieron de la estación meteorológica del aeropuerto Benito Juárez de la ciudad de Oaxaca, ubicada a 13 km del área de estudio.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSION.

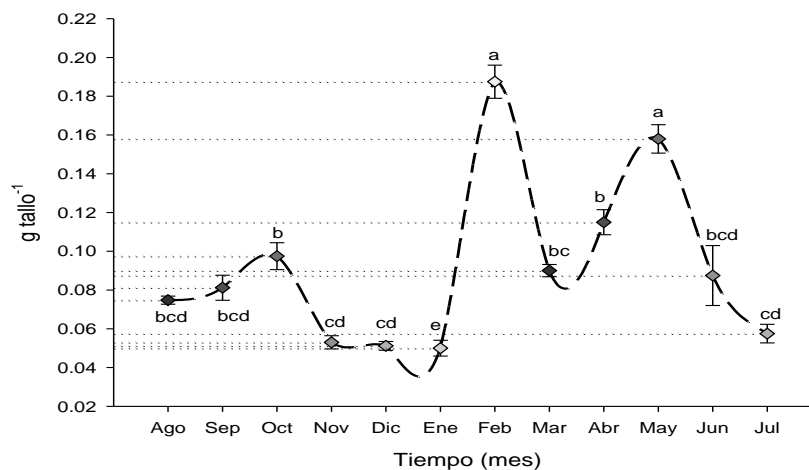
A excepción de los meses de Marzo, Abril y Junio, no existieron diferencias ($P < 0.05$) en el peso seco de los manojos, sin embargo los mayores pesos fueron registrados en los meses de Agosto, Septiembre (780 g MS Manojos⁻¹) y Octubre, que coinciden con la época de lluvias, y es cuando se tiene la mayor disponibilidad del forraje en la región, mientras que los menores pesos se registraron en los meses de Marzo y Abril (430 g MS Manojos⁻¹) que es cuando hay mayor escases de forraje por la sequía (Figura 1). De las variables ambientales que determinan el crecimiento del forraje, la temperatura ambiental es la que ejerce mayor influencia, ya que esta influye en los mecanismos de desarrollo de la planta en sus diferentes fases de crecimiento, ya que la tasa de fotosíntesis, respiración, absorción de nutrientes entre otras variables dependen de la temperatura ambiental (McKenzie *et al.*, 1999), este mismo balance entre respiración y fotosíntesis controla la tasa de acumulación de materia seca al igual que las fases de desarrollo de cualquier especie forrajera (Fick *et al.*, 1988; Ben-Younes, 1992).



Medias con literales iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$)

Figura 1. Rendimiento de materia seca obtenida de manojos de alfalfa muestreados durante un año de evaluación.

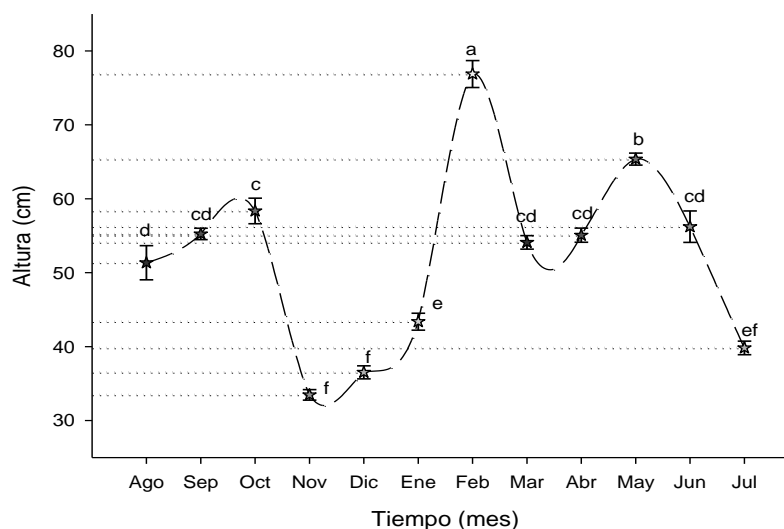
Con respecto al peso de los tallos (Figura 2), los valores más bajos se registraron ($P < 0.05$) en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero ($0.05 \text{ g tallo}^{-1}$), esto se debe a que en esta época se presentan bajas temperaturas lo que afecta el crecimiento del cultivo; y en Julio por la alta humedad y temperatura lo que provoca que se presenten enfermedades como el mosaico de la alfalfa, y esto repercute en el peso de los tallos muestreados y por la tanto en la altura de la alfalfa en la pradera; sin embargo, en los meses de Febrero y Mayo, se registraron los valores más altos (0.19 y $0.16 \text{ g tallo}^{-1}$, respectivamente).



Medias con literales iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$)

Figura 2. Peso seco de los tallos obtenidos aleatoriamente de manojos muestreados en los diferentes meses del año.

Con relación a la longitud de los tallos (figura 3), a excepción del mes de Febrero que fue cuando se registró la altura más alta ($P < 0.05$) con 78 cm, en la mayoría de los meses no se registró tal diferencia ($P > 0.05$); sin embargo, en los meses de Noviembre y Diciembre se registraron la menores alturas con un promedio de 35 cm por planta, estos resultados son independientemente de las variedades que se cultiven en la región, ya que Altinok y Karakaya (2002), mencionan que las alturas del forraje solo varían en el primer año de establecimiento del cultivo, pero a partir del segundo año, las alturas no son significativas ($P > 0.05$) por lo que independientemente de la variedad la alfalfa presenta alturas similares, sin embargo la temperatura si influye en el rendimiento y la altura por época del año. Además una serie de estudios de algunas medidas físicas de la calidad revelaron que la altura independientemente del estado de madurez, año o corte estaba correlacionada con el contenido de lignina, las regresiones de altura y contenido de lignina al momento de la cosecha fueron altamente significativas siendo esto igual para el contenido de proteína, por lo que la altura parece ser un buen indicador del tiempo en que se debe cosechar la alfalfa para adquirir la calidad deseada (Meyer and Jones, 1962).



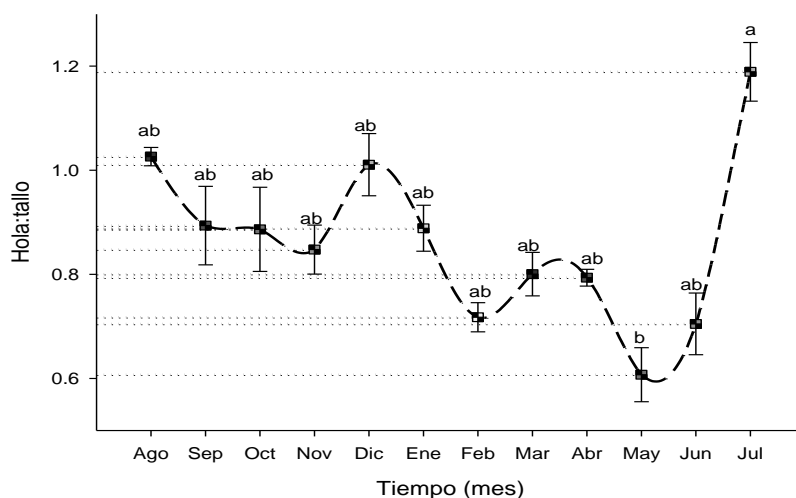
Medias con literales iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$)

Figura 3. Altura de los tallos obtenidos de los manojos de alfalfa muestreados.

Los resultados de peso y altura de los tallos, pueden estar correlacionados a la temperatura ambiental, ya que a partir de Febrero la temperatura ambiental incrementa, lo que favorece el desarrollo del cultivo. Al respecto se ha señalado que a una temperatura óptima de crecimiento, se incrementa la tasa de aparición de hojas, lo que promueve una mayor tasa de fotosíntesis, aunado a un nivel adecuado de humedad, hace que la pradera manifieste un adecuado nivel de crecimiento y producción (Matthew *et al.*, 2001; Lemaire, 2001).

La relación hoja:tallo que es la variable que se relaciona con la calidad del forraje, no varió ($P > 0.05$) en la alfalfa muestreada (Figura 4), sin embargo se registraron los valores más altos cuando el peso de los manojos la alfalfa registró sus valores más bajos (época de lluvias). Mientras que de Febrero a Mayo se observa una caída en esta variable, y es cuando se registran los valores más altos de altura y peso de los tallos. Rivas *et al.* (2005), mencionan que la menor relación hoja:tallo se presentaron en las variedades de alfalfa que produjeron el mayor rendimiento de materia seca, y corrobora la importancia que tiene las variables del tallo (peso y altura) en relación a las hojas, para la acumulación de materia seca total en la planta; es decir, que a mayor altura menor proporción de hoja, y esto a la vez está relacionado con la fase de crecimiento del forraje. Una reducción en la relación

hoja:tallo es la mayor causa de que la calidad en un forraje decline junto con la madurez ya que las hojas son de más alta calidad que los tallos y la proporción de hojas en el forraje declina conforme la planta madura (Ball *et al.*, 2001). Cupic *et al.* (2001) mencionan que la cantidad de proteína en las hojas y el tallo son afectadas por la edad del cultivo, pero no influye en el contenido de fibra cruda.



Medias con literales iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$)

Figura 4. Proporción de hoja con respecto al tallo de alfalfa obtenida de manojos comercializados en Zaachila Oaxaca.

Así mismo, otros estudios han demostrado que la relación hoja:tallo decrece desde la etapa de prefloración y principalmente cuando se encuentra en las etapas iniciales de floración (Sun *et al.*, 2011) Es por ello que los valores obtenidos en la relación hoja:tallo, indican que la alfalfa que se cosecha para comercializarse, tiene diferentes estadios de crecimiento, y no es cosechada en su momento óptimo.

La composición botánica obtenida nos indica que la alfalfa comercializada en los manojos contienen otros materiales botánicos, y por lo regular están asociados con malezas, otros pastos, y material muerto, el porcentaje de cada uno de estos componentes están en función de las condiciones climáticas, en los meses de Junio – Agosto se registró la mayor proporción de otros pastos, y material muerto debido a presencia de lluvias, mientras que en

Abril y Mayo se registraron malezas propias de la época de primavera (Figura 5). La composición morfológica que se registró durante el experimento muestran que en Junio - Septiembre (verano), se registró la mayor proporción de hoja, mientras que en los meses restante el tallo fue el material que realizó la mayor aportación al rendimiento de materia seca (Figura 6).

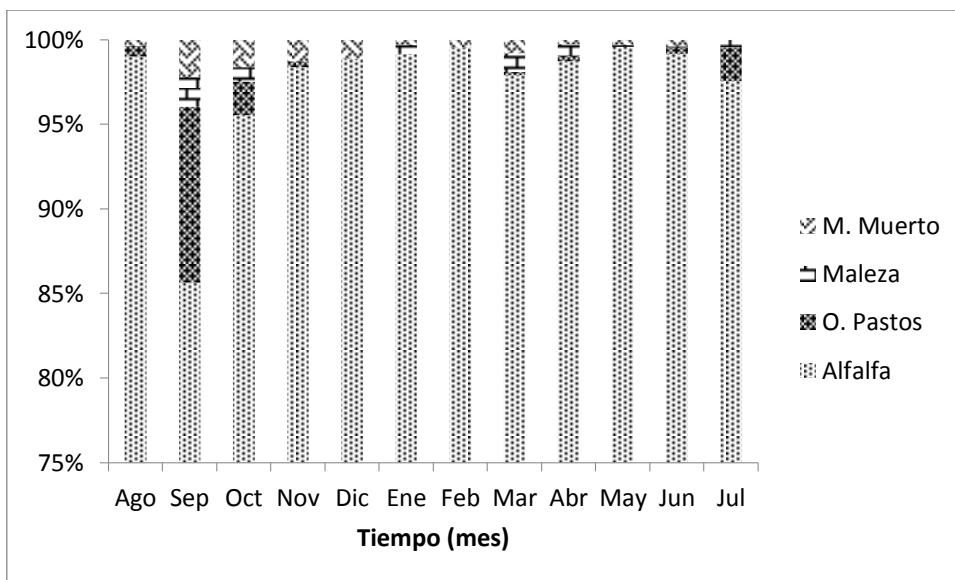


Figura 5.- Composición botánica de manojos de alfalfa comercializados en Zaachila Oaxaca.

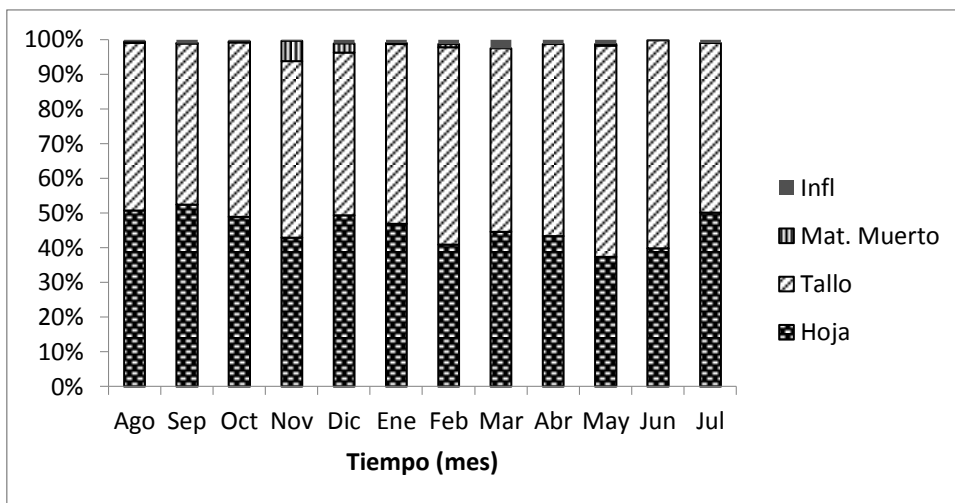


Figura 6. Composición morfológica de los manojos de alfalfa comercializados en Zaachila Oaxaca.

Estudios en alfalfa han reportado que tanto la composición botánica como la morfológica, es afectada por el medio ambiente, ya que este determina el rendimiento y la composición botánica de una pradera (Rivas *et al.*, 2005; Villegas *et al.*, 2004;). Bernáldez *et al.*, 2006, evaluaron dos índices cuantitativos de estimación del estado fisiológico de la alfalfa y mencionan que los valores de estado medio por conteo (EMC) y estado medio por peso (EMP) estimados en otoño son menores a los obtenidos en primavera-verano ($P < 0.001$), a pesar de que las muestras se tomaron a iguales días de descanso de la pastura. Lo que nos indica es que el crecimiento de la planta no es el mismo en las diferentes épocas del año.

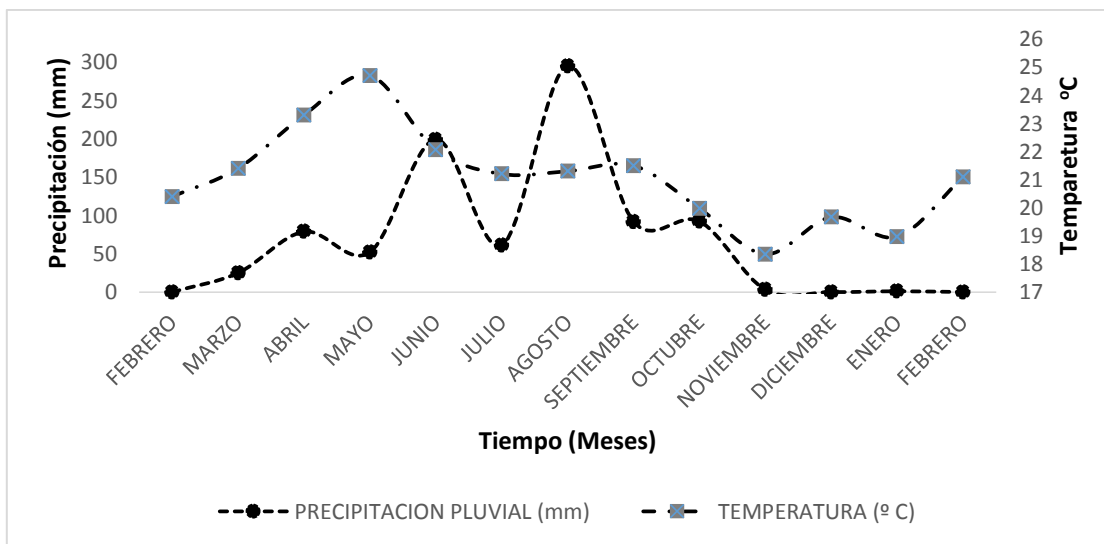


Figura 7. Datos climáticos durante el periodo experimental. Fuente: Estación meteorológica del aeropuerto Benito Juárez, de la Ciudad de Oaxaca de Juárez.

2.6 CONCLUSIONES.

El peso de los manojos está en función de la disponibilidad de forraje en la región, así mismo el precio del mismo, ya que en la época de estiaje el costo es mayor con relación al peso en la época de verano.

Los resultados muestran que la alfalfa comercializada en la comunidad de Zaachila Oaxaca, no se tienen bien definidos los calendarios de corte ya que los muestreos tienen una variabilidad muy dispersa en las variables que se evaluaron durante el estudio.

La calidad de la alfalfa que se comercializa es muy variable ya que el forraje que se cosecha no está estandarizado a una fase de crecimiento, y se cosecha en diferentes estadios de crecimiento.

CAPITULO 3

DINAMICAS DE CRECIMIENTO EN ALFALFA (*Medicago sativa L.*) EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA.

3.1 RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el momento óptimo de cosecha en una pradera de alfalfa var. criolla establecida en la Villa de Zaachila Oaxaca, para esto durante un año se realizaron dinámicas de corte con ciclos de crecimiento de siete semanas. Se determinó el rendimiento de materia seca, tasa de crecimiento, relación hoja:tallo, altura y composición botánica utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones, obteniendo datos de cuatro estaciones. Los resultados mostraron que el mayor rendimiento se registró ($P < 0.05$) a la semana seis en primavera e invierno (2342 y 4166 Kg MS ha⁻¹), y a la semana siete en verano y otoño (2680 y 2116 Kg MS ha⁻¹). La mayor altura se registró a la séptima semana ($P < 0.05$) en verano y otoño (54.7 y 55.1 cm), mientras que en primavera y invierno fue a la semana seis (50.2 y 58 cm), sin embargo en verano y otoño no existieron diferencias ($P > 0.05$) en las semanas cinco, seis y siete. Las mayores tasas de crecimiento se registraron en invierno y no se observaron diferencias significativas entre las semanas. La relación hoja tallo registró su menor valor ($P < 0.05$) en la semana siete durante primavera y verano (0.7 y 1.1), mientras que en las otras dos épocas no se registraron diferencias entre semanas. En la composición botánica la alfalfa aportó más del 80% del total del componente botánico, la mayor presencia de otros pastos fue en primavera y verano mientras que de material muerto fue en invierno. Con base a los resultados obtenidos se recomienda realizar cortes cada 35 a 40 días en invierno y otoño, mientras que en primavera y verano cada 30-35 días, y no cada 40 días independientemente de la estación del año como se hace comúnmente en la región.

Palabras clave: Curvas de crecimiento, calidad de forraje, momentos óptimos de corte.

3.2 ABSTARCT

The aim of this study was to determine the optimal harvest time in an alfalfa meadow var. criolla established in Villa de Zaachila, Oaxaca for this during a year dynamic cutting with seven weeks cycles were performed. Dry matter yield, growth rate, leaf:stem ratio, plant height and botanical composition were determined. Under a randomized completely block design with four replications, obtaining data from four seasons. Results showed that highest yield was recorded ($P<0.05$) at week six in spring and winter (2342 y 4166 Kg DM ha⁻¹) and at seven week in summer and autumn (2680 y 2116 Kg DM ha⁻¹). The highest plant height was recorded at seventh week ($P<0.05$) in summer and autumn (54.7 y 55.1 cm), while in spring and winter was at week six (50.2 y 58 cm), however in summer and autumn there weren't differences ($P>0.05$) between five, six and seven week. The highest growth rates were recorded in winter and there weren't differences between weeks. The leaf:steam ratio recorded its lowest value ($P<0.05$) at seventh week in spring and summer (0.7 y 1.1), while at other seasons there weren't differences. Alfalfa contributed more than 80% of botanical component, the increased presence of weeds was in spring and summer while dead material was in winter. Based on results is recommended cuts every 35 – 40 days in winter and autumn, while in spring and summer every 30 – 35 days, not every 40 days as is done in the region.

Key words: Seasonal growth curves, forage quality, optimum harvest time.

3.3 INTRODUCCION

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa más utilizada para la alimentación del ganado en el mundo, su importancia radica en el rendimiento de forraje por unidad de superficie, valor nutritivo, contenido de proteína, apetencia y por el consumo por un gran número de animales, ya sea en fresco, henificada, deshidratada o ensilada (Mendoza *et al.*, 2010).

El aprovechamiento de la alfalfa como corte en verde es común, y consiste en cosecharla y acarrearla para ser ofrecida a los animales o bien comercializada en manojos (Villegas *et al.*, 2006).

Diversos estudios han sugerido que un esquema de cosecha basado en un calendario de días entre cortes o por el estado de desarrollo del cultivo son una buena opción para un manejo adecuado del cultivo, aunque una recomendación generada en un ambiente determinado no puede ser universalmente aplicable; esto, porque el proceso fisiológico que controla el crecimiento y desarrollo de los cultivos responden a las condiciones ambientales (Teixeira, 2008). Por lo anterior, es necesario conocer el rendimiento de forraje y tener un calendario de cortes con base a la velocidad de crecimiento de la especie en una región dada, la cual varía con la estación del año; de esta forma, el conocimiento de los cambios estacionales en el rendimiento de la especie, permite determinar la mejor frecuencia de cosecha, para obtener la mayor producción de forraje de alta calidad por superficie (Villegas *et al.*, 2004, Velasco *et al.*, 2002).

Dorantes (2000) reportó que en la región de Texcoco, Estado de México, la alfalfa registró un rendimiento de forraje más alto en mayo, debido a las temperaturas altas, que favoreció una mayor acumulación de materia seca (MS). Asimismo, Rivas *et al.* (2005) al evaluar cinco variedades de alfalfa encontraron que el mayor rendimiento de MS por corte fue en Julio y Agosto, con un promedio de 2.82 t MS ha⁻¹ por corte. El rendimiento estacional de MS acumulada, expresado como porcentaje del rendimiento de MS total (31, 132 kg MS ha⁻¹), presentó el siguiente orden descendente: verano 31% >primavera 27% >otoño 22% >invierno 20%. Morales *et al.*, (2006) reportó que en alfalfa cultivada en invernadero con

fertirriego, no se registraron variaciones en el rendimiento de 14 variedades de alfalfa, pero reporta que el mayor rendimiento y la mayor altura se registraron en los meses más calurosos (Abril y Mayo) del año, por lo que la temperatura está estrechamente relacionada con el rendimiento de forraje (Castro *et al.*, 2012).

Estudios de dinámicas de crecimiento foliar en gramíneas y leguminosas templadas han demostrado que es importante conocer la velocidad de rebrote entre defoliaciones sucesivas, para comprender el efecto de la frecuencia de cosecha en el rendimiento, persistencia, y el efecto ambiental sobre la especie a cultivar, lo que permite un manejo más eficiente en términos de producción animal-vegetal por hectárea (Hernández-Garay *et al.*, 1992). En relación a lo anterior, Villegas *et al.* (2004) en un estudio hecho en la región valles centrales de Oaxaca registraron que en primavera, la alfalfa variedad Valenciana, alcanzó el máximo rendimiento a la sexta semana (4.7 t MS ha⁻¹), mientras que la variedad Oaxaca (alfalfa criolla) registró la máxima acumulación de MS hasta la séptima semana (4.1 t MS ha⁻¹), concluyendo que el momento óptimo de corte de las dos variedades varió con la estación del año, y para obtener la máxima producción de forraje, la cosecha de la variedad Oaxaca debe realizarse a la cuarta y quinta semana de rebrote durante el verano y otoño, y la sexta semana en primavera y verano. Mientras que Mendoza *et al.* (2010) observó que el rendimiento de forraje estacional y total varió por efecto de la frecuencia de corte encontrando la mayor producción de forraje al cosechar cada 7 y 6 semanas presentando una distribución estacional de 31, 26, 23 y 20 % para verano, primavera, otoño e invierno respectivamente. Zaragoza *et al.* (2009) reportó que la acumulación de forraje en una pradera asociada de alfalfa - ovilla varió por efecto de las condiciones ambientales prevalecientes en la diferentes estaciones del año siendo mayor en primavera y menor en orden descendente en verano > otoño > invierno.

La calidad, crecimiento, rendimiento, persistencia y longevidad del forraje depende en gran medida del manejo estacional de la frecuencia de defoliación, siendo el rebrote el que determina el rendimiento y la calidad, por lo que definir el calendario de cortes con base a la velocidad de crecimiento del cultivo en cada estación es de suma importancia (Rivas *et al.*, 2005). Sin embargo, en la región Valles Centrales de Oaxaca, la alfalfa se cosecha cada

40 días independientemente de la estación del año, lo que provoca cambios en la composición morfológica y bromatológica de la alfalfa que están estrechamente relacionadas con la persistencia, rendimiento y calidad, como la relación hoja:tallo, contenido de proteína y altura de tallos, entre otras variables.

Con base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar las dinámicas de crecimiento en una pradera de alfalfa durante un año, para determinar los momentos óptimos de cosecha por época para obtener el mayor rendimiento y calidad del forraje.

3.4 MATERIALES Y METODOS.

3.4.1 Establecimiento del área experimental.

El estudio se realizó en una pradera de alfalfa Var. Oaxaca criolla (*Medicago sativa* L.) de 3 años de establecida, ubicada en la comunidad de la Villa de Zaachila, Oaxaca, localizada a 16° 56' 38.58" N y 96° 44' 12.61" O, a 1509 m.s.n.m. El clima es templado subhúmedo C (w), con lluvias en verano (Mayo – Octubre), con una temperatura promedio anual de 17.5° C, y una precipitación promedio de 730 mm (INEGI, 2012). El tipo de suelo es poco profundo, de color gris oscuro, con horizonte A málico, horizonte B argílico, de textura arcillosa, con adhesividad y plasticidad fuerte, pH ligeramente alcalino, de fertilidad media, clasificado con un Foazen livico.

Al inicio del experimento se realizó un corte de uniformización a una altura de 5 cm. Se delimitaron los bloques con base a la pendiente del terreno y se establecieron 28 unidades experimentales, mediante un diseño experimental de bloques al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. La pradera no se fertilizó y en la época de estiaje se proporcionaron riegos cada dos semanas a capacidad de campo.

3.4.2 Variables a estudiar.

3.4.2.1. Rendimiento de forraje.

El rendimiento de forraje se midió con un cuadro de acero de 0.25 m² por repetición seleccionado aleatoriamente, en el cual, se cortó todo el forraje contenido dentro de éste a una altura de 5 cm, el forraje cosechado se depositó en bolsas de papel previamente

marcadas con el número de tratamiento y la repetición correspondiente, se lavó y se pesó en fresco, posteriormente se secó en un horno de microondas hasta un peso constante para obtener la materia seca (Crespo *et al.*, 2007).

3.4.2.2 Altura.

Se midió antes de cada corte con una regla de 1 m de longitud con una precisión de 0.5 cm. (swart stick). Se efectuaron seis mediciones dentro de cada tratamiento, en plantas elegidas al azar, con la regla colocada completamente vertical desde la base de la planta hasta la hoja superior más joven.

3.4.2.3 Composición botánica.

Se tomó una submuestra del forraje cosechado de cada corte, de aproximadamente 20 % del forraje cosechado en cada unidad experimental y las plantas se clasificaron por especie en estudio, material muerto, otros pastos y maleza; posteriormente se separó en sus componentes morfológicos (tallos y hojas) y se pesó cada componente en fresco y se registró su peso seco.

3.4.2.4 Tasa de crecimiento.

Esta variable se calculó con los datos de rendimiento de materia seca por corte mediante la siguiente fórmula:

$$TC = FC/t$$

Donde FC = forraje cosechado (kg MS ha), y t = días transcurridos entre un corte y el siguiente.

3.4.2.5 Relación hoja:tallo.

La relación hoja:tallo se obtuvo dividiendo el rendimiento por corte del componente hoja entre el rendimiento de tallo.

3.4.3 Datos climáticos.

Los datos mensuales de temperatura a la intemperie y precipitación durante el periodo de estudio se obtuvieron de la estación meteorológica del aeropuerto Benito Juárez de la ciudad de Oaxaca, ubicada a 13 km del área de estudio.

3.4.4. Análisis estadístico.

El trabajo experimental se realizará bajo un diseño en bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Se determinó establecer este método de muestreo ya que el terreno donde se establecerán las unidades experimentales no es homogéneo y presenta una ligera pendiente.

El diseño experimental propuesto:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Donde Y_{ij} = Variable de respuesta de i-ésimo Tratamiento y el j-ésimo bloque.

μ = Media poblacional

B_i = Efecto del i-ésimo bloque

T_j = Efecto del j-ésimo Tratamiento

E_{ij} = Error experimental

Los valores de cada variable se organizaron de manera semanal y estacional, y con ello se hicieron comparaciones de medias ($P \leq 0.05$) mediante el procedimiento PROC MIXED (SAS Institute, 2002).

De igual manera con los datos de rendimiento y altura se obtuvieron las ecuaciones de regresión lineal, posteriormente se sustituyó el valor de x (altura) para obtener el rendimiento estimado de materia seca.

3.5 RESULTADOS Y DISCUSION.

El mayor rendimiento se registró en invierno a partir de la segunda semana en comparación con los rendimientos en primavera, verano y otoño, observándose los menores rendimientos en este último (figura 8). En el cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos con respecto al rendimiento de forraje y se puede observar que en todas las estaciones se observó un

incremento progresivo en la acumulación de forraje alcanzándose los mayores rendimientos en la semana seis en primavera e invierno con 2342 y 4166 kg MS ha⁻¹ respectivamente, mientras que en verano y otoño se registraron a la séptima semana con 2680 y 2116 kg MS ha⁻¹ respectivamente. Aunque, en primavera no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las semanas cinco, seis y siete.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje en parcelas de alfalfa criolla sometidas a ciclos de crecimiento de 7 semanas.

Estación del año	Semanas de crecimiento							EEM	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
	Rendimiento (Kg MS ha ⁻¹)								
Primavera	303 e	776 ed	1300 cd	1569 cb	1718abc	2342 a	2125 ab	248	**
Verano	264 d	744 cd	1036 c	1380 bc	1860 b	1922 b	2680 a	226	**
Otoño	222 f	780 e	972 d	1298 c	1654 b	1700 b	2116 a	50	**
Invierno	140 e	1084 d	2192 bc	2234 bc	2682 b	4166 a	1794 cd	227	**

Medias con letras minúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). EEM = error estándar de la media. Sig. = significancia. ** = $P < 0.05$.

Estos resultados difieren con lo reportado por Rojas (2011) y Mendoza *et al.* (2010) quienes concluyen que el mayor rendimiento estacional se observó en verano, a diferencia de lo que reportan Villegas *et al.* (2004) ya que la mayor acumulación de materia seca la registró en la séptima semana en primavera, la cuarta semana en verano, la quinta semana en otoño y la sexta semana en invierno; lo que coincide parcialmente con nuestros resultados.

Estas variaciones en nuestros resultados se pudo deber a que en invierno se dieron condiciones medioambientales óptimas para el crecimiento de la alfalfa ya que durante esos meses la temperatura promedio fluctuó entre 19 y 21° C mientras que en otros estudios la presencia de heladas afectó la acumulación neta de alfalfa y de acuerdo a lo reportado por Muslera y Ratera (1991) la temperatura optima de crecimiento de la alfalfa es de 15 y 25° C durante el día y de 10 a 20° C en la noche.

RENDIMIENTO ALFALFA

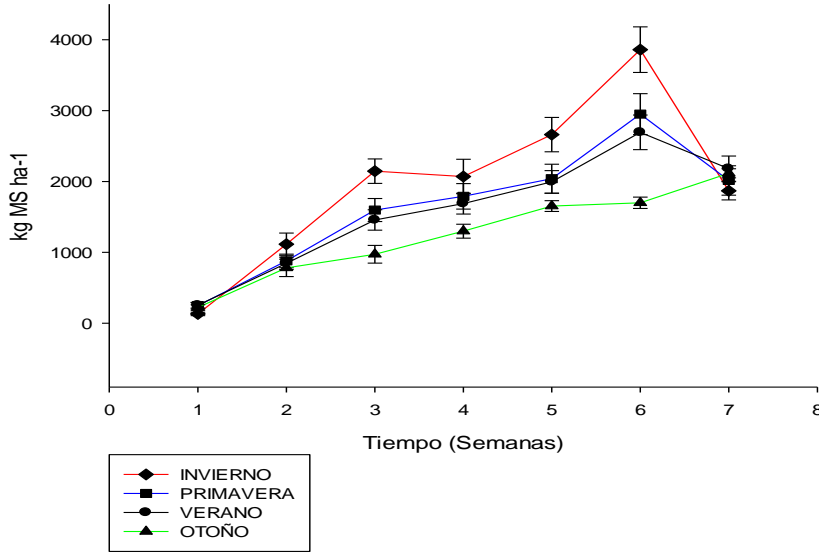


Figura 8. Cambios estacionales en la acumulación de materia seca (kg/ms/ha) de alfalfa en las diferentes estaciones del año evaluadas.

En la figura 9 se pueden apreciar los cambios estacionales de altura y al igual que en el rendimiento la mayor altura se registró en invierno, observándose la mayor altura en la semana siete (61.2 cm) sin encontrarse diferencia significativa ($P > 0.05$) entre ésta con las semanas cinco y seis. En primavera la mayor altura se observó en la semana seis (50.2 cm) no habiendo diferencia ($P > 0.05$) con la semana cuatro, cinco y siete. En verano y otoño se alcanzó la mayor altura a la semana siete con 54.7 y 55.1 cm respectivamente, no habiendo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre la semana seis y siete en verano (Cuadro 2).

Cuadro 2. Altura de forraje en parcelas de alfalfa criolla sometidas a ciclos de crecimiento de 7 semanas.

Estación del año	Semanas de crecimiento							EEM	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
	Altura (cm)								
Primavera	13.7 d	22.8 cd	32.3 bc	41 ab	47.7 a	50.2 a	46.7 a	4.3	**
Verano	12.4 d	24.9 c	29.4 c	43.5 b	45 b	49.5 ab	54.7 a	1.9	**
Otoño	10.7 g	25.2 f	29.4 e	41.3 d	45.5 c	51.6 b	55.1 a	0.7	**
Invierno	8.6 e	25.2 d	33.3 c	52.4 b	60.9 a	58 ab	61.2 a	2.4	**

Medias con letras minúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). EEM = error estándar de la media. Sig. = significancia. ** = $P < 0.05$.

Morales *et al.* (2006) reporta que los mayores rendimientos obtenidos en las diferentes variedades de alfalfa coincidieron con los valores superiores de altura de forraje, por lo que existe una correlación directa entre altura de forraje y rendimiento.

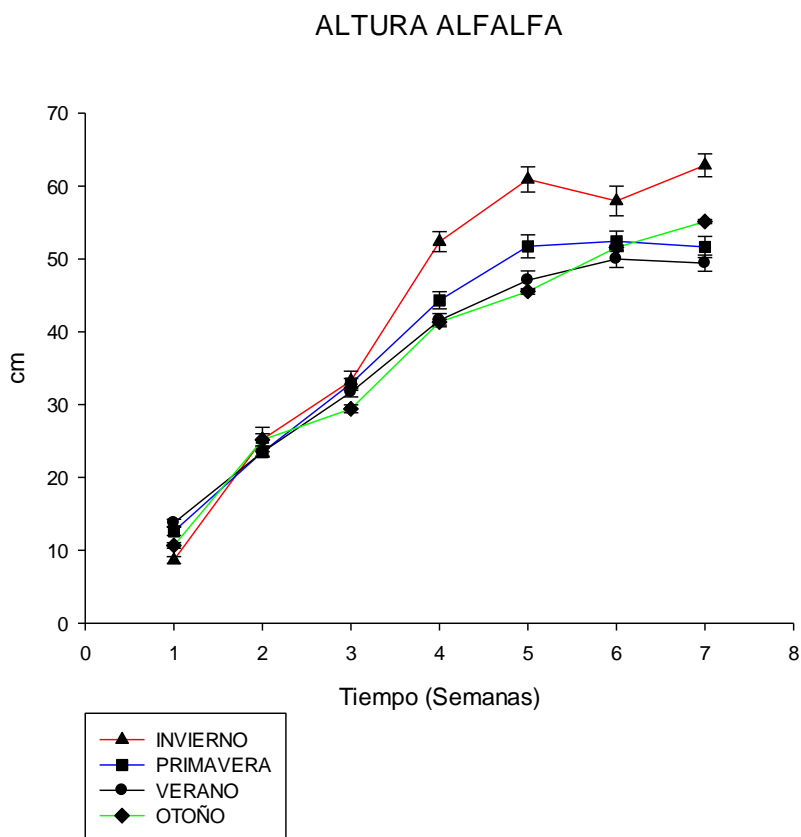


Figura 9. Cambios estacionales de la altura en alfalfa durante las estaciones del año evaluadas.

En la figura 10 se presentan los coeficientes de correlación y sus respectivas ecuaciones de regresión obtenidos a partir de los datos de rendimiento y altura registrados, observándose que estos variaron en cada estación del año siendo en primavera, verano y otoño donde se registraron valores arriba de 0.9 y solo en invierno se registró el valor más bajo de 0.6 esto debido a una mayor variación entre los datos presentes en esa época en específico. Estos resultados concuerdan parcialmente con lo reportado por Castro *et al.* (2011) quien observó que en praderas de clima templado los coeficientes de determinación en regresiones obtenidas entre altura y rendimiento son superiores a 0.8 y con lo reportado por Castillo *et*

al., (2009) quienes en gramíneas tropicales encontraron coeficientes de correlación mayores a 0.83.

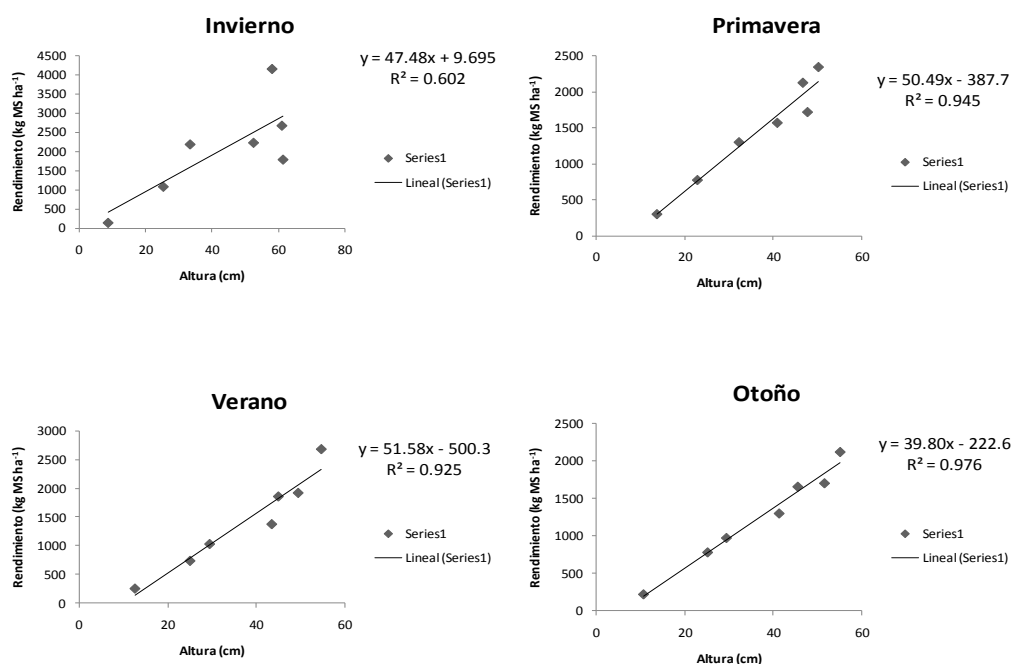


Figura 10. Coeficientes de correlación y ecuaciones de regresión de rendimiento de forraje y altura en alfalfa criolla.

En el cuadro 3 se presentan los rendimientos obtenidos por corte directo y los estimados a partir de las ecuaciones de regresión pudiéndose observar que presentan un comportamiento similar entre ambos. En invierno y primavera se había observado que los mayores rendimientos se registraban a la sexta semana mientras que en los rendimientos estimados se alcanzan a partir de la quinta sin embargo no hubo diferencias significativas entre la quinta, sexta y séptima semana ($P < 0.05$) en ambas épocas. En verano y otoño los mayores rendimientos se habían alcanzado a la séptima semana observándose que los rendimientos estimados coincidieron con estos resultados.

Cuadro 3. Rendimientos reales y estimados a partir de las ecuaciones de regresión en alfalfa criolla.

Semana	Invierno		Primavera		Verano		Otoño	
	Rend.	Estimado	Rend.	Estimado	Rend.	Estimado	Rend.	Estimado
1	140 e	420 e	303 e	305 d	264 d	141 d	222 f	201 g
2	1084 d	1207 d	776 ed	767 cd	744 cd	786 c	780 e	779 f
3	2192 bc	1590 c	1300 cd	1242 bc	1036 c	1016 c	972 d	948 e
4	2234 bc	2496 b	1569 cb	1678 ab	1380 bc	1743 b	1298 c	1422 d
5	2682 b	2901 a	1718 abc	2023 a	1860 b	1820 b	1654 b	1589 c
6	4166 a	2761 ab	2342 a	2148 a	1922 b	2055 ab	1700 b	1830 b
7	1794 cd	2917 a	2125 ab	1970 a	2680 a	2323 a	2116 a	1971 a
EEM	227	113	248	218	226	99	49.66	27
Sig	**	**	**	**	**	**	**	**

Medias con letras minúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). EEM = error estándar de la media. Sig. = significancia. ** = $P < 0.05$.

Las mayores tasas de crecimiento se registraron en invierno en comparación con las demás épocas mientras que las menores ocurrieron en otoño (figura 11). En primavera y verano no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en ninguna de las semanas de rebrote, mientras que en otoño fueron estadísticamente diferente las semanas uno y seis; y en invierno la uno y siete (cuadro 4).

Cuadro 4. Tasa de crecimiento de forraje en parcelas de alfalfa criolla sometidas a ciclos de crecimiento de 7 semanas.

Estación del año	Semanas de crecimiento							EEM	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
	Tasa de crecimiento ($\text{Kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$)								
Primavera	43 a	55 a	61 a	56 a	49 a	55 a	43 a	8.8	**
Verano	37 a	53 a	49 a	49 a	53 a	45 a	54 a	10.4	**
Otoño	31 c	55 a	46 ab	46 ab	47ab	40bc	43abc	3.8	**
Invierno	20 b	77 a	104 a	79 a	76 a	99 a	36 b	32	**

Medias con letras minúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). EEM = error estándar de la media. Sig. = significancia. ** = $P < 0.05$.

Estos resultados difieren con lo reportado por Villegas *et al.* (2004), quienes plantean que las mayores tasas de crecimiento se registraron durante la primavera entre la cuarta y la quinta semana mientras que en invierno se observó entre la quinta y sexta semana y en verano-otoño se registraron las menores tasas de crecimiento a al tercer semana de rebrote. Esta diferencia con nuestros resultados se pudo deber a que durante el periodo de estudio las temperaturas promedio durante todas las estaciones fluctuaron entre 18 y 25° C estando dentro del rango óptimo de crecimiento de la alfalfa lo que propicio un crecimiento constante del forraje.

Por otra parte Rojas (2011) y Cadena (2009) afirman que los menores valores en tasa de crecimiento se registraron en invierno a diferencia de nuestros resultados que muestran que fueron en invierno sin embargo en ambos estudios la presencia de heladas propicio una menor tasa de crecimiento a diferencia del presente estudio donde en invierno se dieron las condiciones adecuadas de temperatura para el crecimiento de la alfalfa.

TASA DE CRECIMIENTO ALFALFA

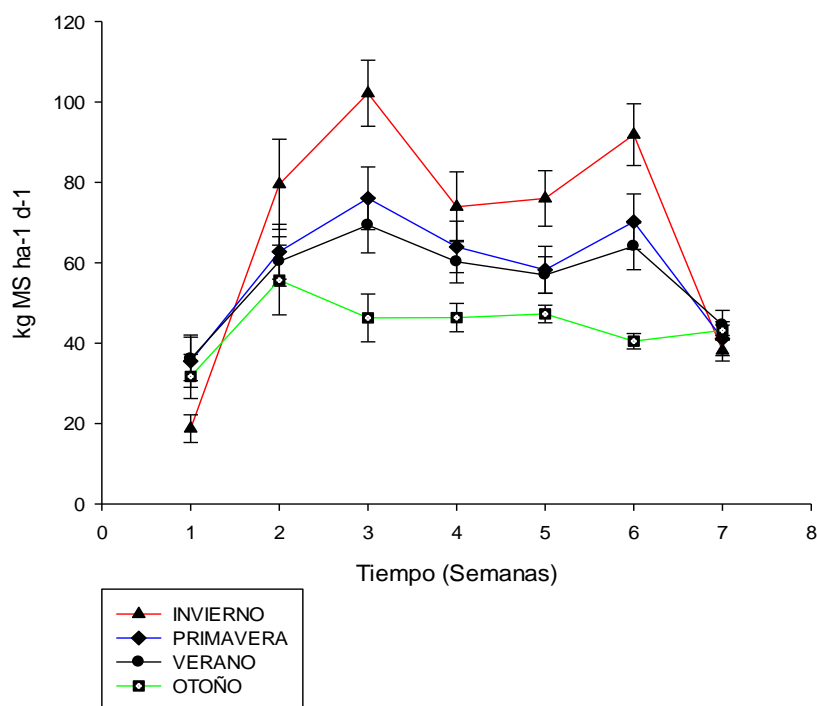


Figura 11. Cambios estacionales en la tasa de crecimiento (kg MS/ha/día) en alfalfa durante las estaciones del año evaluadas.

La menor relación hoja:tallo (figura 12) se registró en invierno en comparación con las demás estaciones, en este caso no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre ninguna de las semanas y el mayor valor se presentó en la semana uno y siete (1.1). En primavera a excepción de la semana siete no se registraron diferencias ($P > 0.05$) en el resto de las semanas, y la mayor relación se registró en la cuarta y quinta semana (1.7). En verano no hubo diferencia significativa de la semana uno a la sexta ($P > 0.05$) observándose la mayor relación en la semana uno y cuatro (1.57 y 1.49, respectivamente). En otoño al igual que en invierno no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre las semanas encontrándose el valor más alto en la semana uno (1.6) (cuadro 5).

Cuadro 5. Relación hoja:tallo en parcelas de alfalfa criolla sometidas a ciclos de crecimiento de 7 semanas.

Estación del año	Semanas de crecimiento							EEM	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
	Relación hoja:tallo								
Primavera	1.4 a	1.3 a	1.5 a	1.7 a	1.7 a	1.3 ab	0.7 b	0.19	**
Verano	1.6 a	1.3 ab	1.4 ab	1.5 a	1.4 ab	1.2 ab	1.1 b	0.11	**
Otoño	1.6 a	1.1 a	1.4 a	1.4 a	1.1 a	1.2 a	1.1 a	0.26	**
Invierno	1.1 a	0.7 a	0.8 a	0.8 a	0.9 a	0.8 a	1.1 a	0.17	**

Medias con letras minúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). EEM = error estándar de la media. Sig. = significancia. ** = $P < 0.05$.

Estos resultados difieren con lo reportado por Villegas *et al.* (2004) que explican que la menor relación hoja:tallo presentó el siguiente orden descendente otoño > verano > invierno > primavera y que indistintamente de la estación del año la relación tendió a disminuir conforme aumentaba la semana de rebrote. De la misma Rojas (2011) observó que la mayor relación hoja:tallo se presentó en otoño e invierno. Zaragoza *et al.* (2009) observó una disminución progresiva en la relación hoja:tallo conforme aumentó la edad de rebrote de la alfalfa registrando la mayor acumulación de forraje a la quinta semana en verano, otoño y primavera mientras que en invierno fue a la sexta semana.

Estas diferencias se debieron a que en el presente estudio las condiciones de temperatura presentes en invierno propiciaron una mayor acumulación de materia seca y el desarrollo de tallos más altos, lo que incrementó su aporte al rendimiento, esto aunado a un recambio de tejido más rápido como se pudo observar en las mayores tasas de crecimiento presentes en

esta época lo que propició la presencia de material senescente y pérdida de hojas por dicho proceso ocasionó que la relación hoja:tallo fuera menor que en las demás estaciones.

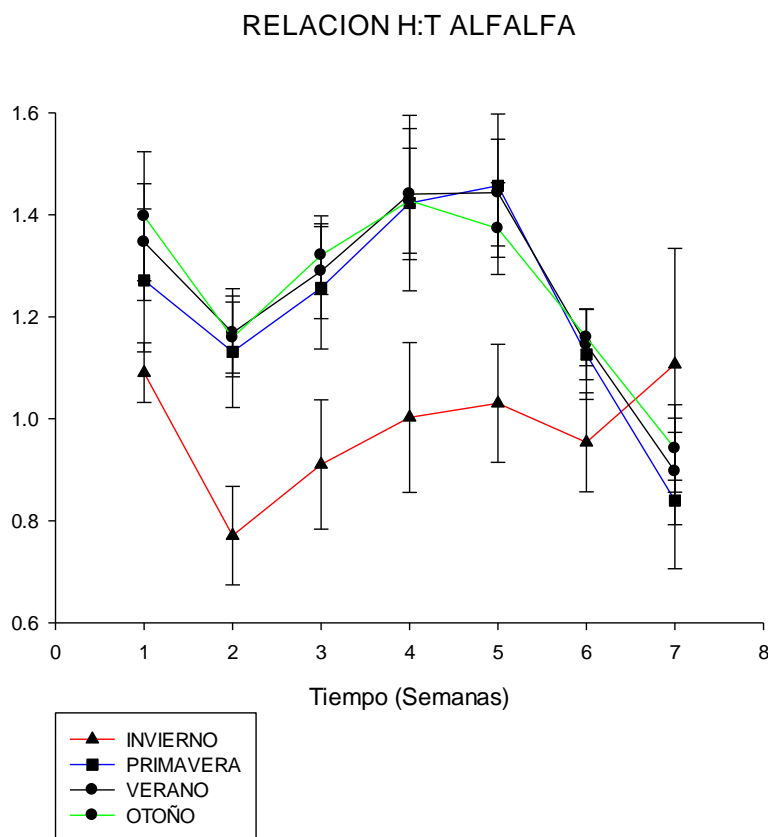


Figura 12. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo en alfalfa durante las estaciones del año evaluadas.

Con respecto a los componentes botánicos se observó que hubo variación entre las épocas del año, el mayor aporte de alfalfa se registró en invierno y otoño observándose un menor aporte de alfalfa las primeras dos semanas e incrementándose con respecto avanzaban las semanas de rebrote; mientras que en primavera y verano éste fue menor principalmente por la presencia de otros pastos en verano y malezas en primavera presentes en todas las semanas de rebrote evaluadas pero con un mayor de aporte en verano (figura 13).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Rojas (2011) quien observó que en primavera y verano hubo mayor presencia de malezas, de la misma manera Cadena (2009) expone que las estaciones de otoño y verano fueron las que registraron el menor y mayor porcentaje de malezas, mientras que Mendoza *et al.* (2010) observó que en primavera hubo

un incremento en el porcentaje de malezas y una reducción en alfalfa. Esto concuerda con el aumento de la precipitación pluvial en ambas épocas que junto a la temperatura propiciaron la aparición de otras especies de pastos que entraron en competencia con la alfalfa.

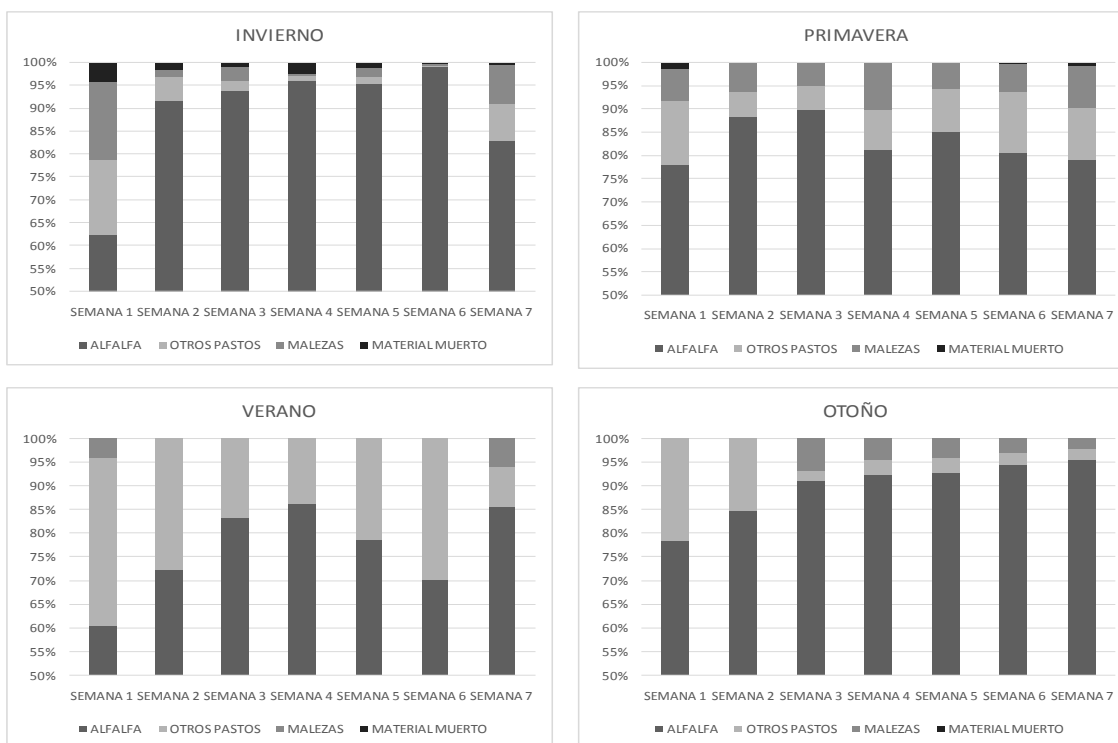


Figura 13. Composición botánica por época en praderas de alfalfa criolla.

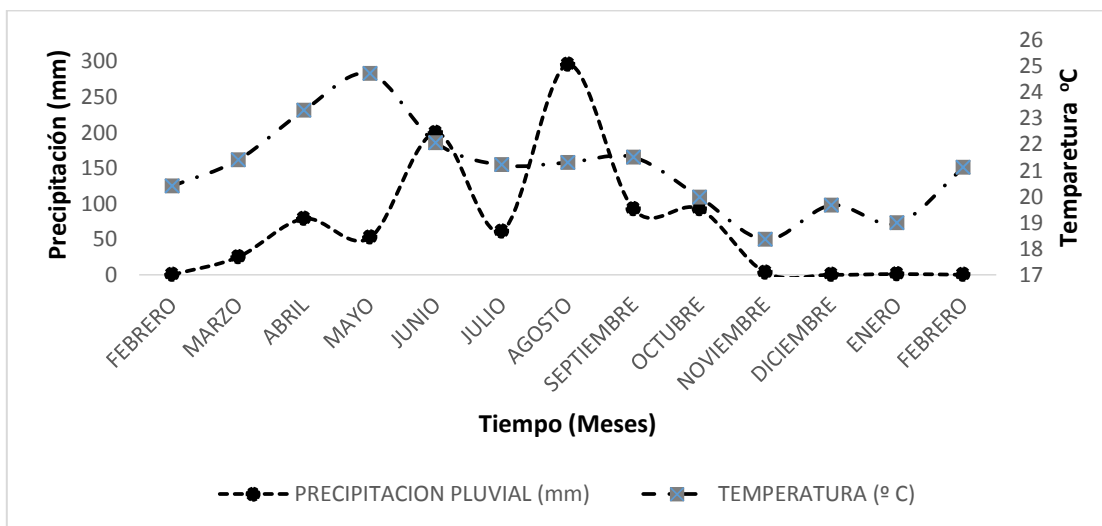


Figura 14. Datos climáticos durante el periodo experimental. Fuente: Estación meteorológica del aeropuerto Benito Juárez, de la Ciudad de Oaxaca de Juárez.

3.6 CONCLUSIONES

Se concluye que para el cultivo de alfalfa criolla en la Villa de Zaachila, se recomienda realizar cortes cada 30 a 35 días en invierno y primavera, y cada 35 a 40 en verano y otoño, para obtener los mayores rendimientos de forraje de mejor calidad.

Realizar cortes en base a la dinámica de crecimiento permite determinar el momento óptimo de defoliación para obtener el mejor contenido de hoja con respecto al tallo, mejor altura y menor proporción de material muerto lo que permite obtener un forraje de mejor calidad.

Las dinámicas de crecimiento determinan el comportamiento fenológico del cultivo en las diferentes épocas del año, el cual varía dependiendo de las condiciones ambientales presentes principalmente a la temperatura.

CAPITULO 4

DINAMICAS DE CRECIMIENTO DE TREBOL BLANCO (*Trifolium repens L.*) EN INVERNADERO.

4.1 RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar y evaluar las dinámicas de crecimiento durante tres estaciones del año para obtener el mayor rendimiento de trébol blanco bajo condiciones de invernadero. Dicho estudio se realizó en un invernadero ubicado en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. Se utilizaron cuatro hileras donde ya se encontraba establecido el trébol y se distribuyeron siete tratamientos, estableciéndose 28 unidades experimentales mediante un diseño de bloques al azar. Se determinó el rendimiento de forraje en seco, altura, composición botánica, la tasa de crecimiento y la relación hoja:tallo por época en ciclos de siete semanas. Se pudo observar que el mayor rendimiento de materia seca y altura de forraje ($P < 0.05$) se registraron en la sexta semana en primavera y verano (3416 y 2272 Kg MS ha⁻¹; 33 y 22 cm respectivamente), mientras que en otoño fue en la séptima semana (2848 Kg MS ha⁻¹ y 21 cm). La mayor tasa de crecimiento se registró en la primera semana (160 Kg MS ha⁻¹ d⁻¹) en primavera mientras que en las demás semanas y estaciones no se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$). Para la relación hoja:tallo el menor valor se reportó a la sexta semana (0.67) y el mayor a la primera semana (1.33) en primavera ($P < 0.05$), mientras que en verano y otoño no hubo diferencia significativa entre las semanas ($P < 0.05$). La mayor parte del componente botánico fue aportado por el trébol blanco registrándose el menor aporte en primavera y verano debido a la presencia de malezas, otros pastos y material muerto. Con base a los resultados obtenidos se recomienda realizar cortes cada 30 – 35 días en primavera y verano; y cada 40 – 42 días en otoño para obtener buenos rendimientos de forraje y de buena calidad con respecto a la relación hoja:tallo.

Palabras clave: Curvas de crecimiento, momentos óptimos de corte, estacionalidad.

4.2 ABSTRACT

The aim of this study was to determine and evaluate growth dynamics during three seasons to obtain higher yield of white clover under greenhouse conditions. The study was conducted in a greenhouse located in Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. Four rows of white clover were established and seven treatments were distributed, established 28 experimental units using a randomized block design. Dry matter yield, growth rate, leaf:stem ratio, plant height and botanical composition were determined for seven weeks cycles. The highest dry matter yield and height of forage ($P < 0.05$) was recorded at sixth week in spring and summer (3416 y 2272 Kg DM ha⁻¹; 33 y 22 cm respectively) while in autumn was at seventh week (2848 Kg DM ha⁻¹ y 21 cm). The highest growth rate was recorded at first week (160 Kg DM ha⁻¹ d⁻¹) in spring while in other weeks and seasons there weren't significant differences ($P < 0.05$). The lowest leaf:stem ratio was recorded at sixth week (0.67) and highest at first week (1.33) in spring, while in summer and autumn there weren't significant differences between weeks ($P < 0.05$). White clover contributed most of the botanical component recorded the lowest contribution in spring and summer by the presence of weeds, grasses and dead material. Based on results is recommended cuts every 30 – 35 days in spring and summer; and every 40 – 42 days in autumn for good yields and quality regarding leaf:stem ratio.

Key words: growth curves, optimum harvest time, seasonality.

4.3 INTRODUCCION

La mayoría de los pastizales producen forraje de buena calidad solo por un corto periodo del año para luego disminuir, por lo tanto, para tener una producción uniforme de forraje a lo largo del año el uso de especies de ciclo invernal y de alto valor productivo como las leguminosas puede revertir esta situación (Castelán *et al.*, 2002). La asociación de dos o más especies de gramíneas y leguminosas forrajeras tiene la ventaja de que la producción de forraje se mantiene más o menos constante durante todo el año (Castro *et al.*, 2012).

La combinación de gramíneas con leguminosas además contribuye a balancear los suplementos de energía y proteína y ayuda a sostener la masa de forraje necesaria para cubrir los requerimientos de ganado en pastoreo (Papadopoulus *et al.*, 2001). Mejoras en el manejo de pasturas mixtas puede mejorar la rentabilidad mediante el incremento en la productividad del ganado y reduciendo la necesidad de fertilizantes a base de nitrógeno. (Malinowski *et al.*, 2012).

El trébol blanco es reconocido probablemente como la más importante leguminosa forrajera en zonas templadas del mundo debido a su producción de alimento de alta calidad y su habilidad de aportar grandes cantidades de nitrógeno esencial para mantener una alta productividad de las pasturas. Con altos niveles de proteína cruda y una alta proporción de carbohidratos solubles el trébol provee un alimento de más alta calidad que otros pastos e incluso que otras leguminosas (Brock *et al.*, 1989). Normalmente crece en praderas con otros pastos usualmente ryegrass, estas praderas pueden persistir por varios años, sin embargo la contribución del trébol blanco al rendimiento total de la pradera y su calidad puede ser modificada por el cultivar utilizado y principalmente por el manejo de pastoreo al que sea sometido (Black *et al.*, 2009).

Existen diferencias en la productividad y el patrón de crecimiento estacional entre los diversos cultivares de trébol blanco, siendo el intervalo de defoliación el principal factor que causa estas diferentes respuestas (Curll y Wilkins, 1982). Por lo tanto un manejo cuidadoso de praderas de pastos/trébol es necesario para prevenir la dominancia de una especie o fluctuaciones anuales en su contribución al rendimiento (Luscher *et al.*, 2001).

El aprovechamiento adecuado de praderas puras o mixtas requiere de conocer la distribución estacional del rendimiento, así como las especies forrajeras y su respuesta al corte o defoliación (Castro *et al.*, 2012). Al respecto Pinxterhuis (2000) reporta que un efecto estacional principalmente la temperatura dominó la dinámica de crecimiento de trébol blanco. Malinowski *et al.* (2012) reporta en una pradera asociada de pasto orchard con trébol blanco que el intervalo de rebrote tuvo una gran influencia en la productividad de forraje observando que la productividad fue mayor con un intervalo de rebrote más largo y que en uno más corto. En un estudio de cinco asociaciones de gramíneas con una leguminosa (trébol blanco) se observó que independientemente de la asociación el rendimiento de materia seca fue de 29, 35, 12 y 23 % para primavera, verano, otoño e invierno respectivamente, mientras que la tasa de crecimiento del trébol blanco mostró un valor mayor en verano superando en 13, 50 y 184 % a las de primavera, invierno y otoño respectivamente (Castro *et al.*, 2012). Por su parte Acuña y Martínez (1983) reportaron que las curvas de crecimiento en una pradera mixta de trébol blanco y gramíneas en los meses de junio y julio las tasas de crecimiento fueron mínimas viniendo un periodo de incremento durante el mes de septiembre y alcanzando las mayores tasas de crecimiento a fines de diciembre. Sevilla *et al.* (2001) evaluó las tasas de crecimiento estacional de cuatro leguminosas incluyendo el trébol el trébol blanco y observó que las mayores tasas se registraron en primavera-verano las menores en otoño-invierno a excepción del trébol blanco que mostró las más bajas en verano.

Con base en lo anterior información sobre cambios en las dinámicas de materia seca de gramíneas y trébol blanco durante periodos sucesivos de rebrote a través del crecimiento estacional en respuesta al intervalo de corte es necesario para entender la competencia en praderas mixtas (Nassiri y Elgersma, 1998). La selección de que especie debe cultivarse en un sitio en particular debe basarse en: la adaptación de la especie al lugar, la respuesta de la especie al sistema de pastoreo, el rendimiento de forraje potencial y la distribución estacional, la palatabilidad, el valor nutricional y su persistencia (Ates y Tekeli, 2005).

Por lo tanto el objetivo de este trabajo fue determinar y evaluar las dinámicas de crecimiento durante tres estaciones del año para obtener el mayor rendimiento de trébol blanco bajo condiciones de invernadero.

4.4 MATERIALES Y METODOS

4.4.1 Establecimiento del área experimental.

El presente estudio se realizó en un invernadero ubicado en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. Se utilizaron cuatro hileras donde ya se encontraba establecido el trébol y se distribuyeron siete tratamientos, estableciéndose 28 unidades experimentales mediante un diseño de bloques al azar. Al inicio del experimento se realizó un corte de uniformización a una altura de 5 cm. Las hileras eran regadas diariamente exceptuando en otoño donde se regó una vez a la semana.

4.4.2 Variables a estudiar.

4.4.2.1 Rendimiento de forraje.

El rendimiento de forraje se midió con un cuadro de acero de 0.06 m² por repetición seleccionado aleatoriamente, en el cual, se cortó todo el forraje contenido dentro de éste a una altura de 5 cm, el forraje cosechado se depositó en bolsas de papel previamente marcadas con el número de tratamiento y la repetición correspondiente, se lavó y se pesó en fresco, posteriormente se secó en un horno de microondas hasta un peso constante para obtener la materia seca (Crespo *et al.*, 2007).

4.4.2.2 Altura.

Se midió antes de cada corte con una regla de 1 m de longitud con una precisión de 0.5 cm. (swart stick). Se efectuaron seis mediciones dentro de cada tratamiento, en plantas elegidas al azar, con la regla colocada completamente vertical desde la base de la planta hasta la hoja superior más joven.

4.4.2.3 Composición botánica.

Se tomó una submuestra del forraje cosechado de cada corte, de aproximadamente 20 % del forraje cosechado en cada unidad experimental y las plantas se clasificaron por especie en

estudio, material muerto, otros pastos y maleza; posteriormente se separó en sus componentes morfológicos (tallos y hojas) y se pesó cada componente en fresco y se registró su peso seco.

4.4.2.4 Tasa de crecimiento.

Esta variable se calculó con los datos de rendimiento de materia seca por corte mediante la siguiente fórmula:

$$TC = FC/t$$

Donde FC = forraje cosechado (kg MS ha), y t = días transcurridos entre un corte y el siguiente.

4.4.2.5 Relación hoja:tallo.

La relación hoja:tallo se obtuvo dividiendo el rendimiento por corte del componente hoja entre el rendimiento de tallo.

4.5 Datos climáticos.

Los datos mensuales de temperatura a la intemperie y precipitación durante el periodo de estudio se obtuvieron de la estación meteorológica del aeropuerto Benito Juárez de la ciudad de Oaxaca, ubicada a 13 km del área de estudio.

4.6 Análisis estadístico.

El trabajo experimental se realizará bajo un diseño en bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Se determinó establecer este método de muestreo ya que el terreno donde se establecerán las unidades experimentales no es homogéneo y presenta una ligera pendiente.

El diseño experimental será:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Donde Y_{ij} = Variable de respuesta de i-ésimo Tratamiento y el j-ésimo bloque.

μ = Media poblacional

B_i = Efecto del i-ésimo bloque

T_j = Efecto del j-ésimo Tratamiento

E_{ij} = Error experimental

Los valores de cada variable se organizaron de manera semanal y estacional, y con ello se hicieron comparaciones de medias ($P \leq 0.05$) mediante el procedimiento PROC MIXED (SAS Institute, 2002).

De igual manera con los datos de rendimiento y altura se obtuvieron las ecuaciones de regresión lineal, posteriormente se sustituyó el valor de x (altura) para obtener el rendimiento estimado de materia seca.

4.7 RESULTADOS Y DISCUSION

En el rendimiento de forraje se observó que la mayor acumulación de forraje se presentó en primavera seguida de verano y otoño, y que hubo un incremento gradual en el rendimiento conforme transcurrían las semanas de rebrote (Figura 15). Tanto en primavera y verano la mayor acumulación de forraje se alcanzó a la sexta semana con 3416 y 2272 kg MS ha⁻¹ respectivamente sin observarse diferencias significativas entre esta y la cuarta, quinta y séptima semana ($P < 0.05$), mientras que en otoño se alcanzó a la séptima semana con 2848 kg MS ha⁻¹ no habiendo diferencia significativa entre esta y la sexta semana ($P < 0.05$) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Rendimiento de forraje de trébol blanco sometido a ciclos de crecimiento de 7 semanas.

Estación del año	Semanas de crecimiento							EEM	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
	Rendimiento (Kg MS ha ⁻¹)								
Primavera	1120 c	1544 bc	1832 bc	2736 ab	2256abc	3416 a	2378abc	433	**
Verano	240 c	680 bc	896 bc	1208abc	1792 ab	2272 a	1312abc	370	**
Otoño	224 e	640 de	976 cde	1144 cd	1648 bc	2192ab	2848 a	262	**

Medias con letras minúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). EEM = error estándar de la media. Sig. = significancia. ** = $P < 0.05$.

Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Castro *et al.* (2012) quienes en cinco asociaciones de 5 gramíneas con trébol blanco observaron que el mayor rendimiento de forraje se presentó verano seguido de primavera y otoño (5386, 4446 y

1866 kg MS ha⁻¹ respectivamente). Nassiri y Elgersma (1998) reportan que en una pradera asociada de ryegrass-trébol blanco el rendimiento de materia seca fue similar en ambas especies y se incrementaba rápidamente desde la primera semana después del primer corte, en verano el incremento de materia seca fue mucho más rápido que en primavera. Mientras que Castelán *et al.* (2002) reporta que para una pradera de trébol blanco variedad Haifa con una frecuencia de corte cada 30 días se registraron picos de mayor acumulación de forraje en los meses de mayo y agosto, meses que corresponden a las estaciones de primavera y verano respectivamente.

Este comportamiento se pudo deber a que durante la primavera las temperaturas oscilaron entre 22 - 24° C condiciones óptimas para que se diera un adecuado recambio de tejido lo que permitió una mayor acumulación de forraje en esta época, ya que esta reportado que el hábito de crecimiento del trébol blanco al igual que sus procesos de compensación le provee un amplio rango de temperatura para su óptimo rebrote (17 – 23° C) (Beinhart, 1963; Hart, 1987), mientras que Brock y Tilbrook (2000) reportan que la temperatura óptima para el crecimiento de esta especie es de 24° C, siendo este factor ambiental el que está más relacionado con varios componentes del crecimiento del trébol blanco (Pinxterhuis, 2000).

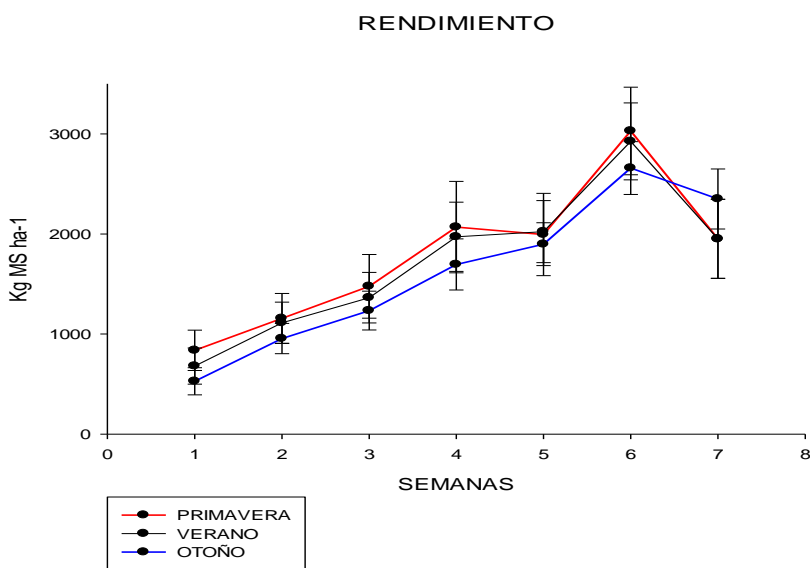


Figura 15. Cambios estacionales en la acumulación de materia seca (kg/ms/ha) de trébol blanco en las diferentes estaciones del año evaluadas.

Con respecto a la altura se pudo observar que de la misma manera que el rendimiento las mayores alturas se presentaron en primavera (Figura 16). Igualmente las mayores alturas se registraron a la sexta semana en primavera, verano y a la séptima en otoño con 33.29, 22.72 y 21.54 cm respectivamente (Cuadro 7). En primavera y verano no se observaron diferencias significativas entre la quinta y la sexta semana mientras que en otoño no se observaron entre la sexta y séptima ($P < 0.05$).

Cuadro 7. Altura de trébol blanco sometido a ciclos de crecimiento de 7 semanas.

Estación del año	Semanas de crecimiento							EEM	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
	Altura (cm)								
Primavera	12.83e	19.70 d	22.04cd	27.66 b	30.46ab	33.29 a	26.44 bc	1.55	**
Verano	10.66d	14.37cd	15.62bc	16.75 bc	19.83ab	22.72 a	19.58ab	1.26	**
Otoño	8.29 c	10.83 c	18.17 b	18.20 b	17.12 b	19 ab	21.54 a	0.94	**

Medias con letras minúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). EEM = error estándar de la media. Sig. = significancia. ** = $P < 0.05$.

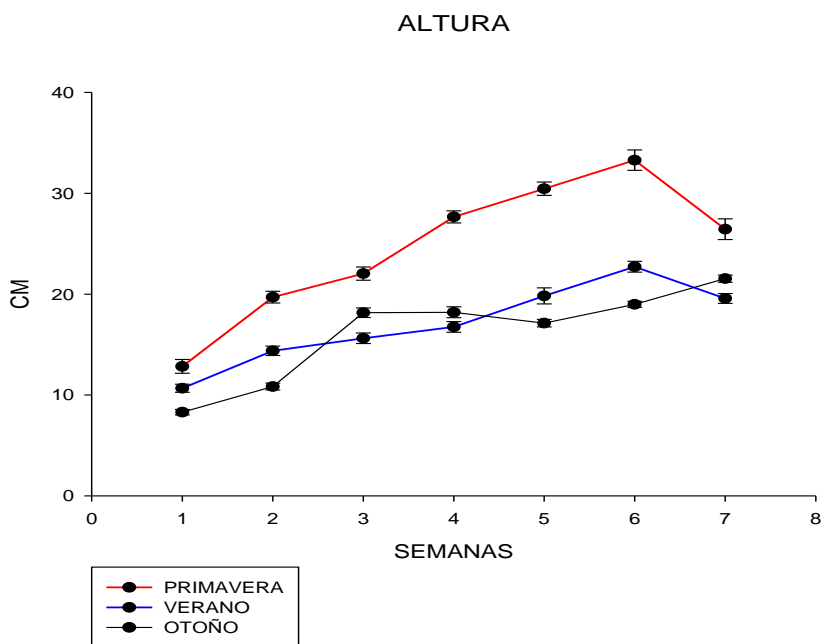


Figura 16. Cambios estacionales de la altura en trébol blanco durante las estaciones del año evaluadas.

Los resultados referentes a la altura muestran que existe una relación directa entre esta y los rendimientos de materia seca obtenidas durante el periodo de estudio tal como se puede

observar en la figura 17 donde se presentan los coeficientes de correlación con sus respectivas ecuaciones de regresión observándose que estos fueron mayores a 0.80 excepto en otoño debido a una mayor dispersión en los datos. Al respecto Castillo *et al.* (2009) reporta que se puede estimar con confiabilidad la cantidad de materia seca presente en una pradera a partir de la altura del forraje, de la misma manera Castro *et al.* (2011) observó que en praderas de clima templado los coeficientes de determinación en regresiones obtenidas entre altura y rendimiento son superiores a 0.8. Por lo que esta variable representa un método rápido y práctico para determinar el rendimiento de una pradera y su momento adecuado de corte.

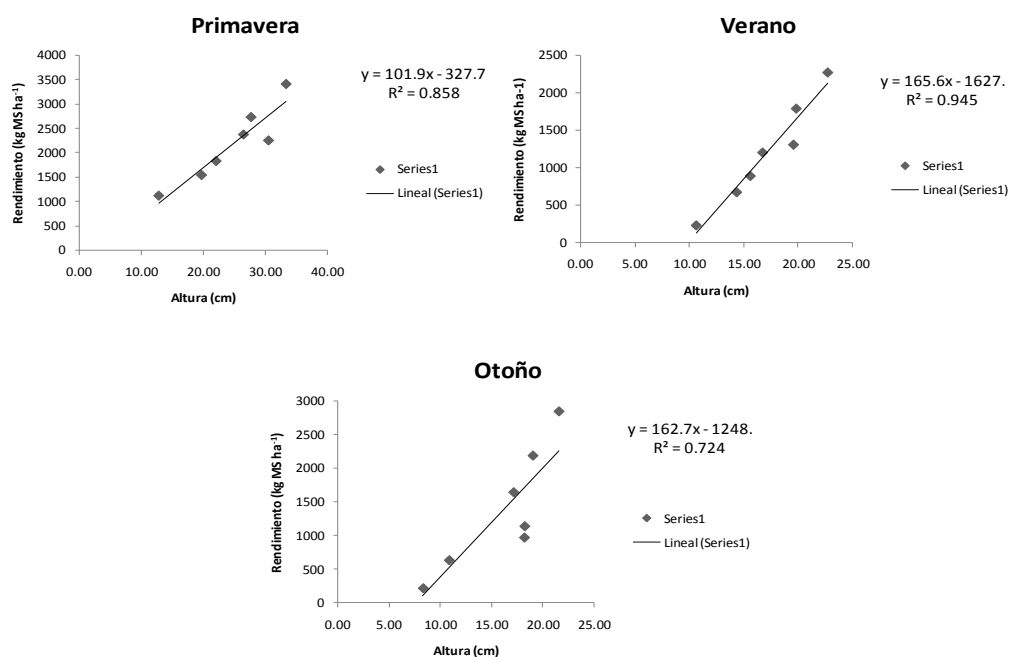


Figura 17. Coeficientes de correlación y ecuaciones de regresión del rendimiento y altura en trébol blanco.

En el cuadro 8 se presentan los rendimientos obtenidos por corte directo y el rendimiento estimado a partir de las ecuaciones de regresión obtenidas observándose que tienen comportamientos parcialmente similares, en primavera y otoño ambos métodos coincidieron en que los mayores rendimientos se alcanzaron a la sexta y séptima semana respectivamente mientras que en verano difirieron un poco ya que por medio directo se

obtuvo que el mayor rendimiento se alcanzó a la sexta semana mientras que por medio de las ecuaciones muestran que este se alcanzó a la quinta.

Cuadro 8. Rendimientos obtenidos por corte directo y rendimiento estimado de trébol blanco en las estaciones estudiadas.

Semanas	Primavera		Verano		Otoño	
	Rendimiento	Estimado	Rendimiento	Estimado	Rendimiento	Estimado
1	1120c	980 c	240c	139 b	224e	101 c
2	1544bc	1680 bc	680bc	753 ab	640de	514 c
3	1832bc	1918 abc	896bc	960 ab	976cde	1707 b
4	2736ab	2491 ab	1208abc	1146 ab	1144cd	1714 b
5	2256abc	2775 ab	1792ab	1657 a	1648bc	1538 b
6	3416 ^a	3064 a	2272 ^a	1602 ab	2192ab	1842 ab
7	2378abc	1775 bc	1312abc	808 ab	2848 ^a	2257 a
EEM	433	373	370	449	262	153
Sig	**	**	**	**	**	**

En la figura 18 se presentan las tasas de crecimiento registradas durante el periodo de estudio pudiéndose observar que las mayores tasas se siguieron presentando en primavera. En el cuadro 9 se puede observar que las mayores tasas de crecimiento se registraron en la primera y segunda semana con 160 y 110 kg MS/ha/día en primavera no observándose diferencia significativa entre estas, mientras que en el resto de las semanas tampoco hubieron diferencias significativas entre ellas ($P < 0.05$). En verano y otoño no se registraron diferencias significativas en ninguna de las semanas evaluadas ($P < 0.05$).

Cuadro 9. Tasa de crecimiento de trébol blanco sometido a ciclos de crecimiento de 7 semanas.

Estación del año	Semanas de crecimiento							EEM	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
	Tasa de crecimiento (Kg MS ha ⁻¹ d ⁻¹)								
Primavera	160 a	110 ab	87 b	97 b	64 b	81 b	48 b	18.2	**
Verano	34 a	48 a	42 a	43 a	51 a	40 a	26 a	17.6	**
Otoño	32 a	45 a	46 a	40 a	47 a	52 a	58 a	8.7	**

Medias con letras minúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). EEM = error estándar de la media. Sig. = significancia. ** = P < 0.05.

Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con lo reportado por Castro *et al.* (2012) quienes observaron que la tasa de crecimiento del trébol blanco en asociación con cinco gramíneas fue mayor primavera y verano sin haber diferencia significativa entre ellas y la menor se presentó en otoño. Por su parte Hay (1994) en una evaluación de tres variedades de trébol blanco con gramíneas reporta que en todas las variedades las mayores tasas de crecimiento se presentaron en primavera y verano siendo las menores en otoño. Caradus y Evans (1977) observaron que la tasa de crecimiento en una asociación de trébol blanco con ryegrass fue más bajo durante el invierno elevándose a lo largo de la primavera hasta alcanzar sus picos máximos a mediados de esta y principios del verano. Sevilla *et al.* (2001) evaluó las tasas de crecimiento estacional de cuatro leguminosas forrajeras entre esas el trébol blanco y encontró que las mayores tasas se registraron en primavera-verano y las menores en otoño-invierno, exceptuando el trébol blanco el cual mostro las tasas más bajas en verano posiblemente por el efecto negativo que las elevadas temperaturas habrían tenido sobre la sobrevivencia de las plantas.

Como se pudo observar en los resultados no hubieron diferencias significativas entre las semanas de rebrote en la mayoría de las estaciones a excepción en las dos primeras semanas de primavera, esto se pudo asociar a que durante el periodo de estudio que comprendió dichas épocas las temperaturas oscilaron entre los 20 – 25° C temperaturas dentro del rango óptimo de crecimiento del trébol lo que permitió que hubiera una acumulación diaria de forraje constante, sin embargo las mejores temperaturas, es decir aquellas que se encontraron más cerca de la temperatura óptima se presentaron en la

primavera lo que propició mejores condiciones para que las tasas de crecimiento fueran mayores en esta época.

TASA DE CRECIMIENTO

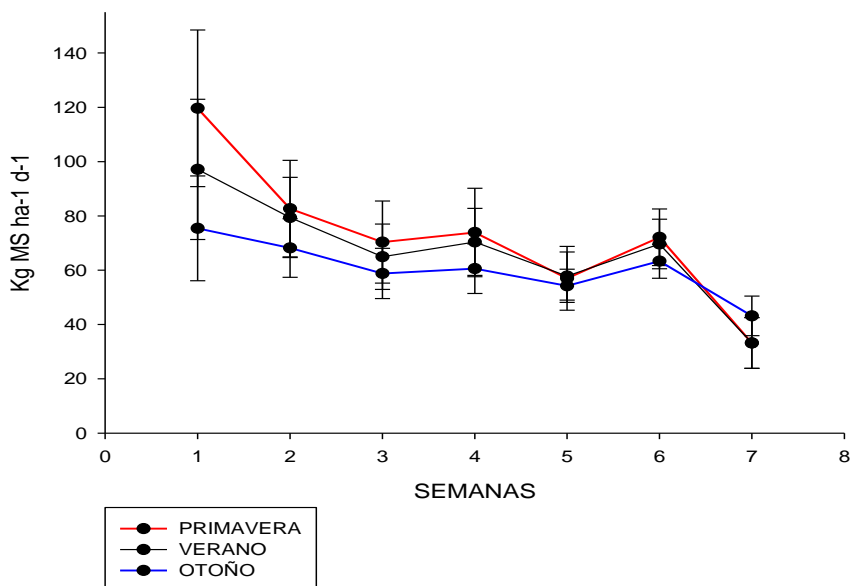


Figura 18. Cambios estacionales en la tasa de crecimiento (kg MS/ha/día) en trébol blanco durante las estaciones del año evaluadas.

En el caso de la relación hoja:tallo se puede observar en la figura 19 que a diferencia del rendimiento y la altura las menores relaciones se registraron en la primavera, presentándose la menor relación a la sexta semana (0.67) y no se observaron diferencias significativas entre las demás semanas ($P < 0.05$). Y de la misma manera que en la tasa de crecimiento no se observaron diferencias significativas en ninguna de las semana de rebrote evaluadas en verano y otoño ($P < 0.05$) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Relación hoja:tallo de trébol blanco sometido a ciclos de crecimiento de 7 semanas.

Estación del año	Semanas de crecimiento							EEM	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
	Relación hoja:tallo								
Primavera	1.33 a	0.89 ab	0.8 ab	0.85 ab	0.82 ab	0.67 b	0.71 ab	0.19	**
Verano	0.95 a	0.96 a	1.21 a	1.09 a	0.98 a	0.87 a	1.24 a	0.16	**
Otoño	0.95 a	1.1 a	1.05 a	1.09 a	0.95 a	0.75 a	0.78 a	0.13	**

Medias con letras minúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). EEM = error estándar de la media. Sig. = significancia. ** = $P < 0.05$.

La relación hoja:tallo es un importante indicador de calidad porque de él depende la calidad del forraje obtenido, ya que el porcentaje de hojas deseable debe ser lo más alto posible porque en estas se encuentra un contenido de proteína cruda al menos dos veces mayor que en los tallos (Stavarache *et al.*, 2012). Por lo que un adecuado manejo del forraje debe de considerar esta variable. Iannucci (2001) reporta que en trébol subterráneo (*Trifolium alexandrinum L.*) que la disminución de la relación hoja:tallo conforme la planta madura es ontogénico y que en plantas que son sometidas a defoliaciones muestran una mayor relación por el rebrote inicial de nuevos puntos de crecimiento sin embargo esta tiende a disminuir conforme la planta madura.

En el estudio en cuestión no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en las tres épocas esto se puede asociar a que hubo un recambio de tejido constante durante todo el periodo de estudio lo cual se puede observar en la tasa de crecimiento que tuvo un comportamiento similar. El hecho de que la relación hoja:tallo fuera menor en primavera se asocia a que al ser la época en que se registraron los mayores rendimientos y alturas hubo un mayor aporte del tallo al rendimiento por ser más altos lo cual afectó dicha variable.

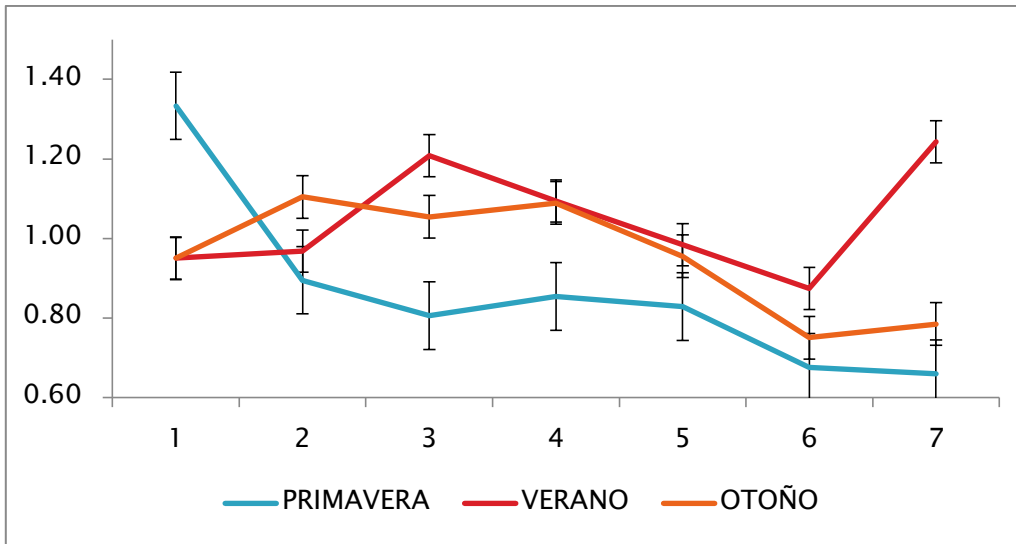


Figura 19. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo en trébol blanco durante las estaciones del año evaluadas.

Respecto a la composición botánica se pudo observar que hubo variación con respecto a los componentes botánicos entre las distintas épocas. La mayor parte del componente botánico fue aportado por el trébol blanco registrándose el menor aporte en primavera y verano debido a la presencia de malezas, otros pastos y material muerto (figura 20).

Pinxterhuis (2000) observó fluctuaciones estacionales en la composición botánica de trébol blanco encontrando una mayor cantidad de material muerto a mediados del verano siendo menor a mediados de la primavera. Castro *et al.* (2012) reporta que en una asociación de gramíneas con trébol blanco dicha especie fue la especie que más contribuyó en el componente botánico con valores que variaron de 58 – 42 %, mientras que las gramíneas aportaron un 40 % y un 10 % lo integraron material muerto, otros pastos y maleza.

La aparición de otras especies en la pradera con el paso del tiempo puede ser debido a que el suelo funcione como una banco de semillas inactivas, y a otros vectores como el viento, y cuando las condiciones son las adecuadas estas germinan y crecen (Sanderson *et al.*, 2007), y la presencia de temperaturas optimas en primavera para el crecimiento del trébol pudieron ser también óptimas para la aparición de otras especies lo que provoco una mayor presencia de estas, estas condiciones también propició que el trébol tuviera un recambio de

tejido más rápido que en las demás estaciones lo que se vio reflejado en su rendimiento y tasa de crecimiento sin embargo esta misma condición propició que haya mayor presencia de material muerto que en las demás estaciones.

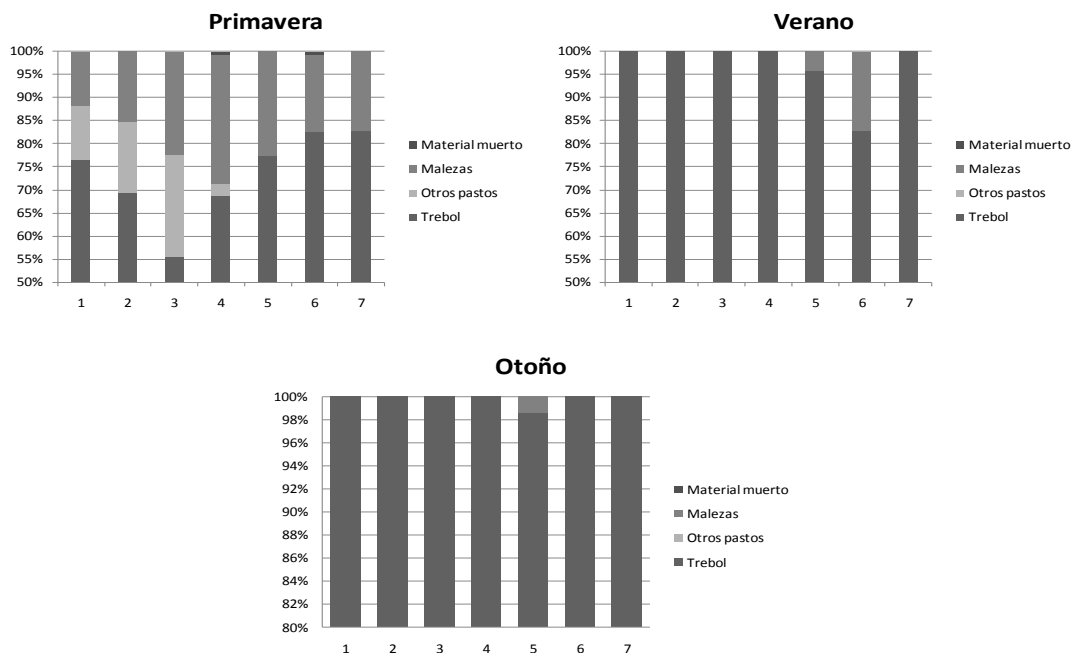


Figura 20. Composición botánica por época en trébol blanco durante las épocas del año evaluadas.

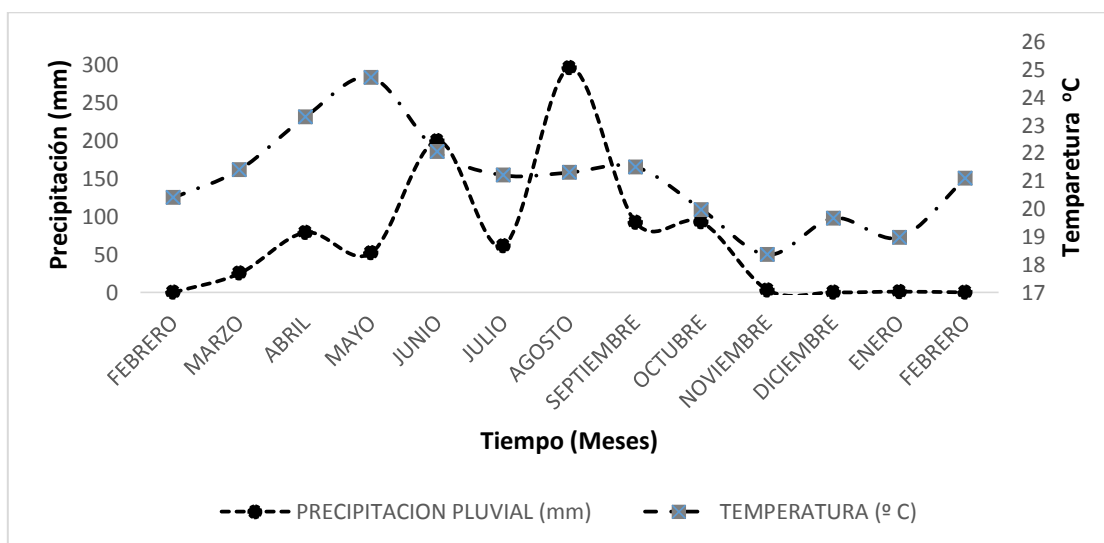


Figura 21. Datos climáticos durante el periodo experimental. Fuente: Estación meteorológica del aeropuerto Benito Juárez, de la Ciudad de Oaxaca de Juárez.

4.8 CONCLUSION.

Con base a los resultados obtenidos se recomienda realizar cortes cada 30 – 35 días en primavera y verano; y cada 40 – 42 días en otoño para obtener buenos rendimientos de forraje y de buena calidad con respecto a la relación hoja:tallo.

Realizar cortes en base a la dinámica de crecimiento permite determinar el momento óptimo de defoliación para obtener el mejor contenido de hoja con respecto al tallo, mejor altura y menor proporción de material muerto lo que permite obtener un forraje de mejor calidad.

BIBLIOGRAFIA

Acuña, H. y Martínez, G. 1983. Curvas de crecimiento y épocas de aplicación de nitrógeno en una pradera mixta de trébol blanco y gramíneas. *Agricultura Técnica (Chile)*, 43 (2), 169-178.

Afsharmanesh G. 2009. Study of some morphological traits and selection of drought-resistant alfalfa cultivars (*Medicago sativa L.*) in Jiroft, Iran. *Plant Ecophysiology*. 3, 109-118.

Albrecht, K., Wedin, W., & Buxton, D. 1987. Cell-wall composition and digestibility of alfalfa stems and leaves. *Crop science*, 27(4), 735-741.

Allen, V., Batello, C., Berretta, E., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., et al. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and forage science*, 66(1), 2-28.

Altinok S., Karakaya A., 2002. Forage yield of different alfalfa cultivars under Ankara Conditions. *Turk J Agric For* 26, 11-16.

Amiri, F. 2012. Comparison of nutritive values of grasses and legume species using forage quality index. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 34(5).

Annicchiarico, P., Scotti, C., Carelli, M., & Pecetti, L. 2010. Questions and avenues for lucerne improvement. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 46(1), 1-13.

Ates, E. y Tekeli, A. S. 2005. Calidad del forraje y potencial de tetania en combinaciones de dáctilo aglomerado (*Dactylisglo merata L.*) y trébol blanco (*Trifolium repens L.*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Vol. 39, num.1, pp. 99 – 105.

Ball, D. M., Collins, M., Lacefield, G., Martin, N., Mertens, D., Olson, K., et al. 2001. *Understanding forage quality: American Farm Bureau Federation Park Ridge, IL.*

Basigalup D. 2000. Mejoramiento de la calidad forrajera de la alfalfa. Revista Agromercado. No. 42, año 15, Pp. 16-18. Argentina.

Beinhart, G. 1963. Effects of environment on meristematic development, leaf area and growth of white clover. Crop Science 3, 209-213.

Ben-Younes, M. 1992. Modeling the temperature-mediated phenological development of alfalfa (*Medicago sativa L.*). Tesis de doctorado. Oregon State University.

Berlijn, J., Bernardon, A., Kirchner, F., Usami, C. y López E. 1985. Cultivos forrajeros. Editorial Trillas. México.

Bernal Flore, A., Hernández Garay, A., Pérez Pérez, J., Herrera Haro, J., Martínez Menes, M. & Dávalos Flores, J. 2006. Patrón de crecimiento estacional de pastos nativos, en un bosque de encino, en el estado de México, México. Agrociencia 40 (001), 39-47.

Bernáldez M L., Basigaluo D., Martínez F J., Balzarini M., Alomar D. 2006. Comparación de dos índices cuantitativos de estimación del estado de desarrollo de la alfalfa. Agriscientia. Vol. XXIII (2) 77-82.

Black, A., Laidlaw, A., Moot, D. y Kiely, P. 2009. Comparative growth and management of white and red clovers. Irish Journal of Agricultural and Food Research, 48, 149-166.

Braga, G. J., Pedreira, C. G. S., Herling, V. R., Luz, P. H. d. C., Marchesin, W. A., & Macedo, F. B. 2009. Quantifying herbage mass on rotationally stocked palisadegrass pastures using indirect methods. Scientia Agricola, 66(1), 127-131.

Brock, J. y Tilbrook, J. 2000. Effect of cultivar of white clover on plant morphology during the establishment of mixed pastures under sheep grazing, New Zealand Journal of Agricultural Research, 43:3, 335-343

Brock, J., Caradus, J., y Hay, M. 1989. Fifty years of White clover research in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 50, 25-39.

Buxton, D. R. 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*, 59(1), 37-49.

Cadena, S. 2009. Dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa L*) en respuesta a diferentes frecuencias de cosecha. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

Caloin M, Clement B, Herrmann S. 1990. Regrowth kinetics of *Dactylis glomerata* following defoliation. *Ann Bot* ;(66):397-405.

Cangiano C. A., Pece M. A. 2005. Acumulación de biomasa aérea en rebrotes de alfalfa en Balcarce. *RevArgProdAnim*. 25:39-52.

Caradus, J. y Evans, P. 1977. Seasonal root formation of white clover, ryegrass, and cocksfoot in New Zealand, *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 20:3,37-342

Castelán, M. E., Tomei, C. E., Ciotti, E. M. y Linstrom, R. C. 2002. Efecto de la frecuencia de corte en el rendimiento de materia seca y valor nutritivo de *Trifolium repens* cv Haifa. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol. 22, No. 1.

Castillo, E., Valles de la Mora, B. y Jarillo, J. 2009. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. *Técnica Pecuaria México*, 47, 79-92.

Castro Rivera R. 2009. Patrón de rebrote y comportamiento productivo de la asociación de pasto ovilla (*Dactylis glomerata*), ballico perenne (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo.

Castro Rivera, R., Hernández Garay, A., Vaquera Huerta, H., Hernández Girón, J., Quero Carrillo, A., Enríquez Quiroz, J., Martínez Hernández, P. A. 2012. Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 35 (1): 87-95.

Castro, R., Hernández, A., Aguilar, G. y Ramírez, O. 2011. Comparación de métodos para estimar rendimiento de forraje en praderas asociadas. *Naturaleza y Desarrollo.* Vol. 9, Num. 1, Enero-Junio.

Chacon, E., Stobbs, T., & Dale, M. 1978. Influence of sward characteristics on grazing behaviour and growth of Hereford steers grazing tropical grass pastures. *Crop and Pasture Science*, 29(1), 89-102.

Chapman, D., Tharmaraj, J., Agnusdei, M y Hill, J. 2011. Regrowth dynamics and grazing decision rules: further analysis for dairy production systems based on perennial ryegrass (*Lolium perenne L.*) pastures. *Grass and forage Science* 67, 77-95.

Cherney, J. y Hall, M. 2008. Forage quality in perspective. *Agronomy Facts* 30. Pennsylvania State University.

Colabelli, M., Agnusdei, M., Mazzanti, A. y Labreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. *Boletín Técnico* No. 148.

Conant R T, K Paustian, S J Del Grosso, W J Parton. 2005. Nitrogen pools and fluxes in grassland soils sequestering carbon. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 71:239-248.

Crespo, Roberto J; Castaño, Jorge A y Capurro, José A. Secado del forraje con el horno de microondas: efecto sobre el análisis de calidad. *Agric. Téc.* [online]. 2007, vol.67, n.2 [citado 2013-01-22], pp. 210-218 . Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-

28072007000200013&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0365-2807. doi: 10.4067/S0365-28072007000200013.

Cruz, P. 2009. Evaluación agronómica de 23 genotipos de *Brachiaria humidicola* en el trópico húmedo de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Texcoco, Edo. De México.

Cupic T., Grljusic S., Popovic S., Stjepanovic M., Tucak M. 2011. Protein and fiber contents in alfalfa leaves and stems. In: Delgado I. (ed.), Lloveras J. (ed.). Quality in lucerne and medics for animal production .Zaragoza : CIHEAM, 2001. p. 215-218. (Options Méditerranéennes :Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 45). 14. Réunion Eucarpia du Groupe Medicago spp., 2001/09/12-15, Zaragoza and Lleida (Spain).

Curll, M. y Wilkins, R. 1982. Frequency and severity of defoliation of grass and clover by sheep at different stocking rates. Grass and Forages Science, 37, 291-297.

DeRamus, H. 2007. Forage growth and its relationship to grazing management. University of Southwestern Louisiana. Disponible en: <http://www.animal.ufl.edu/extension/beef/documents/short98/DeRamus>

Djukic, D., G. Genier, Ch. Acalle and D. Petkova, 2004. Agronomical characteristics of native and foreign alfalfa varieties and germplasms. In: D. Djukic et al. (Editors), Forage crops as a basis for cattle production improvement (Proceedings of 10th National Symposium for Forage crops), Cacak, Serbia and Montenegro, 26-28 May, 2004, pp. 79-86

Dorantes, J. 2000. Respuesta productiva de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) a dos intensidades de pastoreo. Tesis de Maestría en Ciencia. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Colegio de Posgraduados.

Duke, J. 1981. Handbook of Legumes of world economic importance. Plenum Press. New York.

Erice, G., Sanz-Sáez, A., Aranjuelo, I., Irigoyen, J. J., Aguirreolea, J., Avice, J.-C., et al. 2011. Photosynthesis, N₂ fixation and taproot reserves during the cutting regrowth cycle of alfalfa under elevated CO₂ and temperature. *Journal of plant physiology*, 168(17).

Espil, A. 2010. Persistencia de la alfalfa en pasturas consociadas a través de los años en un sistema de invernada del sudeste de la provincia de buenos Aires. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del centro de la Provincia de Buenos Aires.

Fick, G. y Mueller, S. 1989. Alfalfa: Quality, maturity and mean stage of development. Department of Agronomy. College of Agriculture and Life Sciences. Cornell University.

Fick, G.W., D.A. Holt, and D.G. Lugg. 1988. Environmental physiology and crop growth. In A.A. Hanson (ed.) Alfalfa and alfalfa improvement. *Agronomy* 29:163-194.

Garduño, S., Pérez, J., Hernández, A., Herrera, J., Martínez, P. y Joaquín, B. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Técnica Pecuaria en México*. Vol. 47, Num. 2, Abril-Junio, 189-202.

Gosse, G., Chartier, M., & Lemaire, G. 1984. Predictive model designed for a lucerne crop. *Comptes Rendus De L Academie Des Sciences Serie Iii-Sciences De La Vie-Life Sciences*, 298(18), 541-544.

Harmoney, K. R., Moore, K. J., George, J. R., Brummer, E. C., & Russell, J. R. 1997. Determination of pasture biomass using four indirect methods. *Agronomy journal*, 89(4), 665-672.

Hart, A. 1987. Physiology. In: Baker, M. y Williams, W. eds. White clover Wallingford: CAB International, 125-147.

Havard, Duclos, B. 1979. Las plantas forrajeras tropicales. Editorial Blume. Barcelona.

Hay, M. 1994. Autecology of White clover (*Trifolium repens L*) with special reference to the effect of stolon burial on branch formation. Ph D. Thesis. Massey University. New Zealand.

Hendershot, K. L., & Volenec, J. J. 1993. Nitrogen Pools in Taproots of *Medicago sativa L*. After Defoliation. Journal of plant physiology, 141(2), 129-135.

Hernández, G., Pérez, J., & González, V. 1992. Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. Agrociencia, 2(3), 131-144.

Hernández Garay, A., Martínez Hernández, P. A., Zaragoza Esparza, J., Vaquera Huerta, H., Osnaya Gallardo, F., Joaquín Torres, B. M., et al. 2012. Caracterización del rendimiento de forraje de una pradera de alfalfa-ovillo al variar la frecuencia e intensidad del pastoreo. Revista Fitotecnia Mexicana, 35(3), 259-266.

Hill Jr, R., Shenk, J., Barnes, R., Hanson, A., & Barnes, D. 1988. Breeding for yield and quality. Alfalfa and alfalfa improvement, 809-825.

Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. Grass and forage science, 34(1), 11-17.

Horrocks, R. D., & Valentine, J. F. 1999. Harvested forages: Academic Press.

Iannucci, A. 2001. Effects of harvest management on growth dynamics, forage and seed yield in berseem clover. European Journal of Agronomy, 14, 303-314.

Julier, B., Guines, F., Ecalte, C., & Huyghe, C. 2001. From description to explanation of variations in alfalfa digestibility. Paper presented at the Proceedings of the XIV Eucarpia *Medicago* sp. Group Meeting. Zaragoza.

Julier B., Huyghe C., Ecalte C. 2000. Within- and among-cultivar genetic variation in alfalfa: Forage quality, morphology, and yield. *Crop Sci.* 40:365-369.

Justes, E., Thiébeau, P., Avice, J. C., Lemaire, G., Volenec, J. J., & Ourry, A. 2002. Influence of summer sowing dates, N fertilization and irrigation on autumn VSP accumulation and dynamics of spring regrowth in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of experimental botany*, 53(366), 111-121.

Lemaire, G., & Allirand, J. 1993. Relation entre croissance et qualité de la luzerne: interaction génotype-mode d'exploitation. *Fourrages*, 134, 183-198.

Lemaire G. 2001. Ecophysiology of grasslands Aspects of forage plant populations in grazed swards. Proc XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sao Pedro, San Paulo. Brasil. 2001. 29-37.

López, I., López, Y., García, T., Montero, M., Juárez, F. y Barradas, F. 2009. Rendimiento de forraje de seis gramíneas tropicales cosechadas a cuatro frecuencias de corte. XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria.

Luscher, A., Staheli, B., Braun, R. y Nosberger, J. 2001. Leaf area, competition with grass and clover cultivar: Key factors to successful overwintering and fast regrowth of white clover (*Trifolium repens* L.) in spring. *Annals of Botany*, 88, 725-735.

Lyons, R. K., Machen, R. V., & Forbes, T. 2001. Why range forage quality changes. Available electronically from [http://hdl.handle.net/1969, 1, 87063](http://hdl.handle.net/1969/1/87063).

Machado, C., Morris, S., Hodgson, J., Matthew, C., & Auza, N. 2007. Seasonal variation in the quality of a lucerne-based pasture and its relationship with morphological and maturity estimates. *Animal Production Science*, 47(5), 575-582.

Malinowski, D., Belesky, D., Ruckle, J. y Fedders, J. 2012. Productivity and botanical composition of orchardgrass-white clover swards in a cool-temperate hill land region of the eastern United States. *Japanese Society of Grassland Science*, 58, 188-200.

Martiniello P., Texeria da Silva J A. 2011. Physiological and bioagronomical aspect involved in growth and yield components of cultivated forage species in Mediterranean environments: A review. *Eur J PlantSci and Biot* 5 (Special Issue 2), 64-98.

McKenzie, B. A., Kemp, P. D., Moot, D. J., Matthew, C., Lucas, R. J. 1999. Environmental effects on plant growth and development. In: White J, Hodgson J editors. *New Zealand Pasture Crop Science*. Auckland, N.Z: Oxford University Press. 29-44.

Mendoza-Pedroza S., A. Hernández-Garay, J. Pérez-Pérez, A. Quero-Carrillo, J. Escalante-Estrada, J. Zaragoza-Ramírez & Ramírez-Reynoso, O. 2010. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1 (3), 287-296.

Meyer, J. and Jones, L. 1962. Controlling alfalfa quality. Bulletin 784. Division of Agricultural Sciences. University of California.

Milić, D., Karagić, Đ., Vasiljević, S., Mikić, A., Mijić, B., & Katić, S. 2011. Leaf and stem chemical composition of divergent alfalfa cultivars. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(4), 1505-1511.

Minson, D.J., 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press, New York.

Morales-Ayala, J., J. Jiménez-Victoria, V. Velasco-Velasco, Y. Villegas-Aparicio, J. Enríquez del Valle & A. Hernández-Garay. 2006. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la Mixteca de Oaxaca. *Técnica Pecuaria en México* 44 (003), 277-288.

Morillo, D. 1994. Efecto de la época seca sobre la producción forrajera y bovina. *Revista de Agronomía (LUZ)*. Vol. 11, No. 2

Muslera P. y Ratera, C. 1991. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. 2da edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Nabinger, C. y Faccio, C. 2009. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia*, Vol XIII, No. 3, pp. 18-27.

Nassiri, M. y Elgersma, A. 1998. Competition in perennial ryegrass-white clover mixtures under cutting. Leaf characteristics, light interception and dry-matter production during regrowth. *Grass and Forage Science*, 53, 367-379.

Nescier I M., Dalla F L A., Prieto C. 2004. Calidad forrajera de alfalfas inoculadas y fertilizadas. *Revista FAVE- Ciencias veterinarias* 3 (1-2) 79-85.

OEIDRUS 2010. Anuario estadístico de la producción Agrícola. Disponible en: http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_oax/

Papadopoulos YA, Charmley E, McRae KB, Farid A, Price MA. 2001. Addition of white clover to orchardgrass pasture improves the performance of grazing lambs but not herbage production. *Can J Anim Sci* 81: 517–523.

Pedroza, M., Ibán, S., Hernández Garaya, A., Pérez Pérez, J., Quero Carrillo, A. R., Escalante Estrada, J., et al. (2010). Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 48(3), 287-296.

Pereira-Ferraro, F. 2010. Pasture growth analysis: the relationship between herbage mass and herbage accumulation rate. Tesis de Maestría. Horticulture and Crop Science Graduate Program. The Ohio State University.

Pérez Urria, E. 2009. Fotosíntesis: Aspectos básicos. REDUCA. Serie Fisiología Vegetal. Vol. 2 No. 3.

Perreta, M. y Vegetti, A. 1997. Formas de crecimiento y efectos del corte en gramíneas forrajeras. Revista FAVE, I Y II, 68-80.

Petkova D., Panayotova G., 2007. Comparative study of trifoliolate and multifoliolate alfalfa (*Medicago sativa L.*) Synthetic populations. Bulg J AgricSci. 13, 221-224.

Pinkerton, B. 2005. Forage quality. Clemson University Cooperative Extension Service. Forage fact sheet 2.

Pinxterhuis, J. 2000. White clover dynamics in New Zealand pastures. Ph. D. Thesis. Wageningen University.

Pirela, M. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Manual de Ganadería Doble Propósito. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela, 177-182.

Popovic, S., Stjepanovic, M., Grljusic, S., Cupic, T., & Tucak, M. 2001. Protein and fiber contents in alfalfa leaves and stems. Quality in Lucerne and Medics for Animal Production (Eds.: I. Delgado and J. Lloveras), 45, 215-218.

Pozdíšek, J., Loučka, R., & Macháčová, E. 2003. Digestibility and nutrition value of grass silages. Czech J. Anim. Sci, 48, 359-364.

Reynolds, J. H., & Smith, D. 1962. Trend of carbohydrate reserves in alfalfa, smooth bromegrass, and timothy grown under various cutting schedules. *Crop science*, 2(4), 333-336.

Rivas, J., López, C., & Hernández-Garay, A. 2005. Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa L.*). *Técnica pecuaria en México*, 43(1), 79-92.

Robertson, M., Carberry, P., Huth, N., Turpin, J., Probert, M. E., Poulton, P., et al. 2002. Simulation of growth and development of diverse legume species in APSIM. *Crop and Pasture Science*, 53(4), 429-446.

Rojas García, A. 2011. Dinámica de crecimiento y rendimiento de forraje de diez variedades de alfalfa. Tesis de Maestría en Ciencia. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Colegio de Posgraduados.

Rzedowski, G., J. Rzedowski y colaboradores. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán.

Sanderson MA, Goslee SC, Klement KD, Soder KJ. 2007. Soil seed bank composition in pastures of diverse mixtures of temperate forages. *Agron J* 99: 1514–1520.

Sanderson, M. A., Rotz, C. A., Fultz, S. W., & Rayburn, E. B. 2001. Estimating forage mass with a commercial capacitance meter, rising plate meter, and pasture ruler. *Agronomy journal*, 93(6), 1281-1286.

Santos Rodríguez, C., Nascimento Júnior, D., Carneiro da Silva, S., Teixeira da Silveira, M., Maia da Lana Sousa, B. y Detmann, E. 2011. Characterization of tropical forage grass development pattern through the morphogenetic and structural characteristics. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Vol. 4, No. 3, Pp. 527-534.

SAS. User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 2002.

Sevilla, G., Pasinato, A. y García, J. 2001. Curvas de crecimiento de forrajeras templadas irrigadas. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 9 (2), 91-98.

SIAP 2011. Panorama Agroalimentario y pesquero 2011 de Oaxaca.

SIAP 2012. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350

Singh, A. 2000. Alfalfa response to grazing: Cultivar evaluation and visual modeling. Tesis de Doctorado. Department of Plant Science. University of Manitoba. Winnipeg, Manitoba.

Smith, D. 1975. Management of alfalfa. In Forage Management in the North. 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company-Dubuque-IOWA.USA.

Speeding, C. R. W. 1971. Grassland ecology. Claredon press. Oxford, Great Britain. 221 p.

Stavarache, M., Vintu, V., Samuil, C., Muntiani, I., Albu, A., Tarcau, D., Popovici, C. y Ciobanu, C. 2012. Quality of alfalfa (*Medicago sativa L.*) in the first year of vegetation. Lucrari Stiintifice. Vol. 55. Seria Agronomie.

Stichler, C., Prostko, E. y Livingston S. 1999. El manejo de pastizales mejorados durante la temporada de calor. Agricultural Communications. Servicio de Extensión Agrícola de Texas.

Sun Y., Yang Q., Kang J., Guo W., Zhang T., Li Y. 2011. Yield evaluation of seventeen Lucerne cultivars in the Beijing area of China. J AgricSci. Vol. 3, No. 4.

t Mannelje, L. 2003. Advances in grassland science. NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences, 50(2), 195-221.

Ta, T., MacDowall, F., & Faris, M. 1990. Utilization of carbon and nitrogen reserves of alfalfa roots in supporting N₂-fixation and shoot regrowth. Plant and Soil, 127(2), 231-236.

Teixeira, E. I., Moot, D. J., Brown, H. E., & Fletcher, A. L. 2007. The dynamics of lucerne (*Medicago sativa* L.) yield components in response to defoliation frequency. European Journal of Agronomy, 26(4), 394-400.

Teixeira, E. I., Moot, D. J., Brown, H. E., & Pollock, K. M. 2007. How does defoliation management impact on yield, canopy forming processes and light interception of lucerne (*Medicago sativa* L.) crops? European Journal of Agronomy, 27(1), 154-164.

Teixeira, E. I., Moot, D. J., & Brown, H. E. 2008. Defoliation frequency and season affected radiation use efficiency and dry matter partitioning to roots of Lucerne (*Medicago sativa* L.) crops. European Journal of Agronomy 28, 103-111.

Tremblay G F., Bélenger G., McRae K B., Michaud R. 2002. Leaf and stem dry matter digestibility and ruminal undegradable proteins of alfalfa cultivars. Can J Plan Sci, 2002, 82(2):383-393.

Vadell, J. y Medrano, H. 1986. Influencia de la radiación y la temperatura sobre la producción de gramíneas pratenses. Pastos, 16 (1-2): 205-220.

Velasco Zebadúa, M., Hernández Garay, A., González Hernández, V., Pérez Pérez, J. & Vaquera Huerta, H. 2002. Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. Revista Fitotecnia Mexicana 25 (001), 97-106.

Velasco Zebadúa, M., Hernández Garay, A., González Hernández, V., Pérez Pérez, J., Vaquera Huerta, H. y Galvis Spinola, A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovinillo (*Dactylis glomerata* L.). Técnica Pecuaria en México, Enero-Abril, año/vol. 39, no. 001, p.p: 1-14.

Villegas Aparicio, Y., Hernández Garay, A., Pérez Pérez, J., López Castañeda, C., Herrera Harob, J. G., Enríquez Quiroz, J. F., et al. 2012. Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 42(2), 145 a 158.

Villegas A Y., Hernández G A., Martínez H P A., Pérez P J., Herrera H J G., López C C. 2006. Rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en dos calendarios de corte. RevFitotecMex. Vol. 29(4):369-372.

Vodraska R V., Seyedbagheri M M., 1996. Predicting alfalfa hay quality in southern Idaho. University of Idaho Extension.<http://idahodocs.contentdm.oclc.org/cdm/compoundobject/collection/p15100col17/id/1369/rec/17>.

White, J., & Hodgson, J. 2000. New Zealand pasture and crop science: Oxford University Press.

Zambrano, A., Franquis, F. e Infante, A. 2004. Emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas forestales. Rev. For. Lat. No. 35. Pp. 11-20.

Zaragoza, J., Hernández-Garay, A., Pérez, J., Herrera, J., Osnaya, F., Martínez, P., González, S. y Quero, A. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovinillo. Técnica Pecuaria en México, Vol. 47, Num. 2, Abril-Junio. Pp. 173-188.