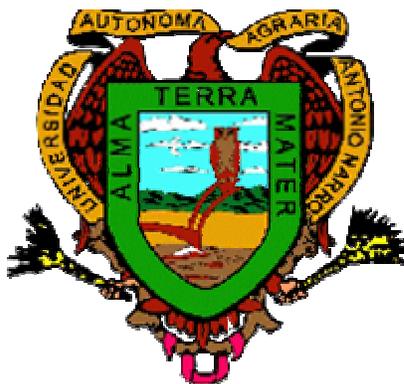


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



**EFFECTO DE LA VARIEDAD Y ESTACIÓN DE CORTE SOBRE EL RENDIMIENTO  
Y CALIDAD NUTRITIVA DE FORRAJE DE ALFALFA, EN EL VALLE DEL  
MEZQUITAL, HIDALGO.**

**Por:**

**Edgar Agustín Callejas Ramírez**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Diciembre 2007**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL**

**EFFECTO DE LA VARIEDAD Y ESTACIÓN DE CORTE SOBRE EL RENDIMIENTO Y  
CALIDAD NUTRITIVA DE FORRAJE DE ALFALFA, EN EL VALLE DEL  
MEZQUITAL, HIDALGO.**

Por:

**Edgar Agustín Callejas Ramírez**

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para  
obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Aprobado por:

---

Ph. D. Jesús M. Fuentes Rodríguez  
Presidente del Jurado

---

MC. Lino de la Cruz Colín  
Sinodal

---

Ing. José Rodolfo Peña Oranday  
Sinodal

---

Ing. José Rodolfo Peña Oranday  
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; Diciembre del 2007

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme la oportunidad de ser alguien en la vida.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Pachuca, por haberme abierto las puertas para poder realizar el presente trabajo.

Al Departamento de Producción Animal, por haber sido parte importante en mi formación profesional.

Al M.C. Lino de la Cruz Colín, por su apoyo, paciencia y dedicación en la realización del presente trabajo.

Al Ph. D. Jesús M. Fuentes Rodríguez, por apoyarme en la realización de este trabajo.

Al Ing. Rodolfo Peña Oranday por formar parte fundamental en mi formación personal así como profesional, por su amistad y mucho más gracias.

Al Ing. Jesús Gutiérrez González, por sus consejos aportados para la realización del presente trabajo, así como los personales y ser un gran amigo gracias.

A todos mis compañeros de generación (2002-2006), que en el trayecto de mi carrera me han apoyado y brindado de su amistad incondicionalmente.

“De todas las ocupaciones del hombre que derivan beneficio alguno, no hay ninguna tan amable, tan saludable y tan merecedora de la dignidad del hombre libre como la agricultura”

Cicerón

## **DEDICATORIAS**

A Dios por darme la fuerza y la fortuna de poder culminar mis estudios, este trabajo y por darme una hermosa familia como la que tengo.

### **A MIS PADRES**

Agustín Callejas Cortes

Emilia Ramírez Gómez

Con todo mi cariño y admiración e infinito agradecimiento por ayudarme a culminar mis estudios y brindarme su apoyo y motivación para seguir siempre superándome. Por que con su amor, sacrificio y esfuerzo me educaron para ser una persona de bien por eso y más, gracias papas.

### **A MIS HERMANAS**

Alicia Amada Callejas Ramírez

Ivonn Andrea Callejas Ramírez

Zaira Berenice Callejas Ramírez

Por que han sido parte fundamental en mi vida, por su apoyo, cariño y comprensión en los momentos difíciles.

### **A MIS ABUELOS**

Tomas Ramírez Flores

Sabina Gómez Hernández

Por que gracias a ellos es posible mi existencia y por todo su cariño que me brindaron.

### **A MI TÍO**

M. en D. Antonio Ramírez Gómez

**! Gracias a todos ¡**

## CONTENIDO

	<i><b>Pág.</b></i>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	iv
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. OBJETIVO.....	3
1.2. HIPÓTESIS .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
2.1. Origen y distribución.....	4
2.2. Importancia de la alfalfa .....	5
2.3. Producción nacional de alfalfa.....	6
2.4. Producción de alfalfa en el Estado de Hidalgo .....	8
2.5. Problemática en la producción de alfalfa en el Estado de Hidalgo .....	10
2.6. Clasificación taxonómica .....	12
2.7. Descripción Botánica.....	12
2.7.1. Raíz .....	12
2.7.2. Tallos.....	13
2.7.3. Hojas .....	13
2.7.4. Flores .....	13
2.7.5. Frutos .....	14
2.8. Preparación del terreno .....	14
2.9. Factores que influyen en el rendimiento.....	17
2.9.1. Temperatura.....	18
2.9.2. Humedad.....	18
2.9.3. Fotoperiodo .....	19
2.9.4. Ácidoz.....	19
2.9.5. Alcalinidad .....	20
2.9.6. Profundidad del suelo y drenaje .....	20
2.9.7. Profundidad de siembra.....	20

2.9.8. Densidad de siembra.....	21
2.9.9. Momento del corte.....	22
2.9.10. Variedad.....	22
2.9.11. Fertilización.....	23
2.9.12. Malezas.....	24
2.9.13. Plagas.....	25
2.9.14. Enfermedades.....	26
2.9.15. Germinación.....	27
2.10. Aprovechamiento de la alfalfa.....	28
2.10.1. En verde.....	28
2.10.2. Ensilado.....	28
2.10.3. Henificado.....	29
2.10.4. Deshidratado.....	30
2.10.5. Pastoreo de la alfalfa.....	31
2.11. Factores que afectan la producción y calidad del forraje.....	31
2.11.1. Temperatura y humedad.....	32
2.11.2. Fertilidad del suelo.....	33
2.11.3. Efecto de la fecha y estación de corte.....	33
2.11.4. Henificado.....	33
2.11.5. Malezas.....	34
2.11.6. Plagas y enfermedades.....	34
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
3.1. Localización del área de estudio.....	35
3.2. Tratamientos.....	35
3.3. Duración del trabajo.....	35
3.4. Descripción del experimento.....	36
3.4.1. Preparación del terreno.....	36
3.4.2. Siembra.....	36
3.4.3. Fertilización.....	36
3.4.4. Control de malezas.....	36
3.4.5. Riegos.....	37

3.4.6. Corte.....	37
3.4.7. Control de plagas .....	37
3.5. Variables a evaluar.....	37
3.5.1. Rendimiento de forraje en materia seca (RFMS) .....	37
3.5.2. Determinación de la relación tallo:hoja, estimado en el rendimiento de forraje en materia seca (RFMS).....	38
3.5.3. Estimación del porcentaje de proteína cruda, fibra cruda, calcio y fósforo .....	38
3.6. Análisis estadístico .....	38
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
4.1. Efecto de variedad .....	41
4.2. Efectos de la estación de corte .....	43
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
1	Presentaciones de la alfalfa y mercados de distribución en el Estado de Hidalgo .....	9
2	Clasificación taxonómica de la alfalfa .....	12
3	Malezas más comunes en alfalfares establecidos.....	24
4	Efectos considerados, grados de libertad y sus cuadrados medios, para el rendimiento de forraje, en el Valle del Mezquital, Hidalgo .....	40
5	Efectos considerados, grados de libertad y sus cuadrados medios, para calidad nutritiva de forraje de alfalfa, en el Valle del Mezquital, Hidalgo .....	40
6	Medias de cuadrados mínimos del rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en el Valle del Mezquital, Hidalgo.....	41
7	Medias de cuadrados mínimos de la calidad nutritiva de variedades de alfalfa en el Valle del Mezquital, Hidalgo .....	42
8	Medias de cuadrados mínimos $\pm$ error estándar del rendimiento de forraje de alfalfa, en diferentes estaciones de corte, en el Valle del Mezquital, Hidalgo .....	44
9	Medias de cuadrados mínimos $\pm$ error estándar de la calidad nutritiva del forraje de alfalfa, en diferentes estaciones de corte, en el Valle del Mezquital, Hidalgo.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i><b>Figura</b></i>	<i><b>Título</b></i>	<i><b>Pág.</b></i>
1	Superficie sembrada nacional de alfalfa verde en el año 2004.....	7
2	Producción nacional de alfalfa verde en el año 2004.....	8
3	Participación en la producción por Distrito de Desarrollo Rural de alfalfa verde (modalidad: riego).....	10

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la variedad y calidad nutritiva del forraje de alfalfa en la región del Valle del Mezquital, Hidalgo. El Estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental el Llano, en el municipio de Tula de Allende, ubicado a una altitud de 2100 m.s.n.m., con una precipitación y temperatura media anual de 569 mm y 15 °C, respectivamente. La duración del estudio fue de 2 años, a partir del 5 de febrero del 2005 al 30 de junio del 2007. A la siembra se usaron 50 kg de semilla/ha de siete variedades (Cuf -101, Júpiter, Maya, Alta verde, Excelente, Pioneer 58N57 y San Miguelito), aplicando a la siembra una fertilización a base de urea y superfosfato triple, con posteriores aplicaciones en periodos de cada seis meses, A los 45 días se llevó a cabo la aplicación del producto comercial PIVOT (0.5 Lt/ha), esto para un mejor control de malezas. Los cortes se realizaron en periodos de 30-35 días considerando básicamente la altura de la planta y el % de floración (5-10%). Las variables registradas fueron el rendimiento de forraje en materia seca (RFMS), determinación de la relación tallo:hoja, estimado en % del rendimiento de forraje en materia seca (% RFMS), proteína cruda (% PC), fibra cruda (%FC), Fósforo (% P) y Calcio (% Ca). La información generada se analizó con el procedimiento GLM del SAS (2001), donde todos los modelos incluyeron los efectos fijos de variedad y estación de corte. El factor variedad no tuvo efecto significativo ( $p > 0.05$ ) sobre RFMS, PC y FC, más sin embargo, si hubo un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) para P y Ca. Para P, las medias fueron 0.34, 0.34, 0.34, 0.36, 0.35, 0.37 y 0.39 %, respectivamente para Alta verde, Cuf 101, Excelente, Júpiter, Maya, Pioneer 58N57 y San Miguelito. Para Ca el mayor valor lo registró San Miguelito con 2.30%, mientras que el menor lo registró Maya con 1.69 %. Con respecto a la estación de corte se observó un efecto significativo ( $p < 0.01$ ) sobre el RFMS, % RFMS en tallo y hoja, PC, FC, P y Ca. Las medias para RFMS fueron  $1871.02 \pm 98.79^a$ ,  $1858.82 \pm 88.36^a$ ,  $1840.66 \pm 114.08^a$  y  $2292.28 \pm 114.08^b$  Kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente, para el Invierno, Otoño, Primavera y Verano. Las medias para PC fueron  $26.03 \pm 0.53^a$ ,  $26.83 \pm 0.47^a$ ,  $27.35 \pm 0.61^a$  y  $22.42 \pm 0.61^b$  % para Invierno, Otoño, Primavera y Verano respectivamente. Para FC el mayor valor se registró en el

Verano ( $24.63 \pm 0.75^c$  %), mientras que en el Invierno se observó el menor contenido de % FC ( $17.54 \pm 0.65^a$  %). Para P las medias para Invierno, Otoño, Primavera y Verano fueron  $0.33 \pm 0.008^a$ ,  $0.40 \pm 0.007^b$ ,  $0.37 \pm 0.009^c$  y  $0.34 \pm 0.009^a$  %, respectivamente. Finalmente, para Ca el mayor valor se registró en Invierno con ( $2.11 \pm 0.058^a$  %), mientras que en el Otoño se observó el menor contenido de Ca ( $1.67 \pm 0.052^b$  %). Se concluye que el efecto de variedad no tuvo un efecto significativo sobre el RFMS, % PC y % FC. En Verano se registró el mejor comportamiento productivo para RFMS, mientras que en el Invierno hubo una tendencia a la baja. Para P y Ca, se vieron influenciadas por la variedad; donde la San Miguelito, registró el mejor comportamiento.

## I. INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa L.*) es una de las forrajeras más importantes en México y en el mundo, distinguiéndose de otras especies por su elevado contenido de proteína y vitamina A, por su palatabilidad tanto en verde como henificada, por su rendimiento de forraje y por su facilidad en el empaque (Del Pozo, 1983), lo que permite almacenarla para épocas críticas en la que disminuye la disponibilidad de forrajes. Su producción se destina básicamente en la alimentación del ganado lechero, siendo la base en las principales cuencas productoras de leche en las regiones de clima templado y semiárido.

Desde su introducción por los españoles, ha mostrado un excelente comportamiento agronómico y una gran adaptabilidad a diversas condiciones agroecológicas. La mayor superficie cultivada de alfalfa se concentra en las zonas templadas y frías del centro del país, como son el Valle de México, Valle de Toluca, Hidalgo y el Bajío, así como también en las regiones cálidas del Norte y Noroeste de la República. La alfalfa tiene ventajas que sobresalen sobre otros forrajes, como alto rendimiento y contenido de proteína, vitaminas, minerales y bajo porcentaje de fibra, por lo que se considera adecuada para la producción de leche; además por la capacidad que tiene de fijar nitrógeno atmosférico en asociación con bacterias del género *Rhizobium* ayuda a enriquecer el suelo (Morales *et al.*, 2006).

La alfalfa al igual que otras especies forrajeras, principalmente su producción depende de los factores genéticos y ambientales. El hombre, a través de sus prácticas agrícolas y mejoramiento genético ha ejercido una marcada influencia elevando así la productividad y ambientación del cultivo. Su crecimiento, rendimiento y longevidad del forraje dependen en gran medida del manejo, estacional de la frecuencia e intensidad de defoliación (Rivas *et al.*, 2005).

En el estado de Hidalgo actualmente constituye una actividad de importancia, donde participó con el 12.06 % de la superficie cultivada a nivel nacional en el año

2004, superado solo por los estados de Chihuahua y Guanajuato, con un rendimiento promedio de  $104.12 \text{ t ha}^{-1}$  de forraje verde, adjudicándose el primer lugar, en el rubro (SIACON, 2004). Sin embargo, (SIAP, 2006), actualmente reportan una superficie sembrada de 44,400 has, con una producción de  $9.6 \text{ t ha}^{-1}$  de forraje verde/corte.

Actualmente en el Valle del Mezquital región agrícola y pecuaria se encuentra concentrada una gran parte de la población de ganado bovino lechero y ovinos, dos de las actividades pecuarias más importantes del estado. Estas presentan problemas que impactan en bajos índices de productividad; el cultivo de la alfalfa no escapa a estos: a) ausencia de nuevas variedades forrajeras con mayor producción y calidad de forraje, b) falta de variedades que permitan intervalos de cortes más breves con suficiente vigor y buena apariencia para su venta; y el desconocimiento del nivel nutricional del forraje.

Debido a su alta utilización y demanda del forraje de alfalfa, se han introducido a México una gran cantidad de variedades de alfalfa, situación que dificulta identificar la mejor variedad para una región determinada, aunque generalmente se parte de la idea de que existe diferencia en su comportamiento productivo más que en la calidad del forraje que produce, es conveniente identificar si difieren en su rendimiento de materia seca, PC y minerales que contengan, y si estas varían entre variedades y estación de corte.

Dada la importancia que representa el cultivo de alfalfa en el estado de Hidalgo, principalmente en la región del Valle del Mezquital, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ha iniciado en la realización de algunos trabajos de validación y transferencia de tecnología, enfocados básicamente a la medición del comportamiento productivo de variedades con mayor potencial productivo, así como de su calidad; esto ha marcado en parte la pauta en cuanto a la detección de las demandas reales por parte de los productores, así como han surgido nuevas propuestas de investigación que en un futuro permitirán la elaboración de un verdadero plan rector del Sistema Producto Alfalfa en

el estado de Hidalgo.

### **1.1. OBJETIVO**

Evaluar el comportamiento productivo, así como el contenido nutricional de diferentes variedades de alfalfa, durante las cuatro estaciones de corte en el año, en el Valle del Mezquital, Hidalgo.

### **1.2. HIPÓTESIS**

En el presente trabajo, se espera que todas las variedades de alfalfa presenten diferencias en su comportamiento productivo y contenido nutricional, durante las cuatro estaciones de corte en el año, en el Valle del Mezquital, Hidalgo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen y distribución

La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas, cuyo nombre científico es *Medicago sativa* L. es una planta perenne, vivaz y de porte erecto.

Es conocida desde la antigüedad como la reina de las plantas forrajeras y tiene su origen en dos especies con características definidas diferentes: *Medicago sativa* (común) y *Medicago falcata* (amarilla).

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es originaria de Asia Central, sus bondades se difundieron rápidamente en la región llegando posteriormente a suelos Europeos. De su centro de origen en Persia, la alfalfa se difundió a través de las caravanas comerciales y las invasiones, donde la difusión más importante fue con las invasiones árabes a través del norte de África, llegando a España, de ahí a Europa y con la conquista y colonización de América, llegó también al continente Americano (Muslera y Ratera, 1984); siendo en México el primer país en recibir la semilla de alfalfa, traída de España para después difundir sus bondades (Tocagni, 1980).

La alfalfa es nativa de la región de Irán y fue cultivada probablemente desde antes de que se tiene historia (Graham *et al.*, 1979). Existe un consenso general de que la alfalfa se originó en el Cercano Oriente Central, zona integrada por Asia Menor, Transcaucásica, Irán y la región montañosa de Turkmenistán (Bolton *et al.*, 1972).

Es probable que se extendiese su cultivo a Grecia como consecuencias de las guerras medicas, quienes le dieron el nombre de “medica”; de Grecia paso a Italia y de ahí a las distintas provincias del Imperio Romano (Del Pozo, 1983). La caída de este imperio marca la virtual desaparición de la alfalfa de Europa; sin embargo, en el siglo XVI se volvió a introducir la alfalfa en Italia desde España (Bolton *et al.*, 1972). Los conquistadores españoles la transportaron primero a México y Perú, de donde

rápidamente paso al resto de Sudamérica. Los primeros en introducir el cultivo de alfalfa en los EUA fueron los colonos en 1736 de donde se diseminó al resto al resto de la Unión Americana.

A mediados del siglo XIX se introdujo semilla de variedades de alfalfa, resistentes a las bajas temperaturas, a EUA, Canadá y posteriormente a Argentina (Del Pozo, 1983). La alfalfa fue considerada a principios del siglo pasado la mejor especie forrajera, por su alta calidad y elevada producción. En la década del 70, perdió su posición de reina de las forrajeras ante la aparición del pulgón verde y posteriormente el pulgón azul, que destruyeron gran parte de los cultivos.

## **2.2. Importancia de la alfalfa**

La alfalfa en sus diversas variedades es una de las leguminosas más cultivada e importante para la ganadería por la cantidad de forraje obtenido por superficie cultivada y por su valor nutritivo, siendo apetecible y digestible por rumiantes y no rumiantes, sea en estado fresco, henificada, deshidratada, ensilada o transformada en harina siendo por ello la reina de los forrajes (Juscafresca, 1985).

La importancia del cultivo de alfalfa va desde su interés natural de proteínas, fibra, vitaminas y minerales, su cultivo aporta elementos de interés como limitador, reductor de la erosión, plagas y enfermedades de los cultivos que le siguen en la rotación (Espinoza *et al.*, 2001).

Es la planta que tiene mayor valor nutritivo de todas las especies que se cultivan comúnmente para heno. Esta característica hace que sea un componente valioso de las raciones de la mayor parte de los animales domésticos además de su elevado contenido en vitamina A. Esta planta es cultivada en todo el mundo, en diversos medios, desde el ártico hasta el trópico en todos los países de ambos hemisferios, pero existen numerosos ecotipos y/o variedades adaptadas a las más diversas condiciones de clima, suelo y explotación (Muslera y Ratera, 1984).

En México ha permitido el desarrollo de las cuencas lecheras más importantes del país, por el hecho de ser utilizada como parte principal de las raciones alimenticias de los bovinos productores de leche, todo esto sin dejar de mencionar la aportación de la alfalfa como alimento de las demás especies de ganado mayor y menor.

(Hughes *et al.*, 1975), mencionan que la alfalfa produce aproximadamente el doble de proteína digestible que el trébol o el maíz forrajero. Además que es muy rica en minerales y contiene por lo menos 10 vitaminas diferentes. Muslera y Ratera, 1984; destacan la habilidad que tiene de fijar el nitrógeno atmosférico, su alto rendimiento en proteína y calidad de esta proteína.

### **2.3. Producción nacional de alfalfa**

Al igual que en muchos países del mundo, la alfalfa es uno de los cultivos forrajeros más importantes en México. Según (CIAMEC, 1978), la alfalfa se cultiva en México desde el siglo XVI y constituye en la actualidad el forraje más importante para la industria lechera del país. Destinándose también para la alimentación del ganado porcino, ovino, avícola y en menor escala se utiliza en forma de harina o comprimidos para la elaboración de alimentos balanceados.

La concentración más grande de superficie cultivada con alfalfa se localiza en las zonas templadas y frías del centro del país, las cuales comprenden el Valle de México, el Valle de Toluca, Bajío y el Estado de Hidalgo.

En las regiones cálidas del norte y noreste de la República se siembra una superficie considerable de alfalfa, en sistemas de riego aislados. En la parte sur de la zona del pacífico, la principal región productora de alfalfa es el famoso Valle de Oaxaca, en cambio en la región del Golfo, prácticamente no se cultiva (Buller y Valdiviesco, 1957).

En México la alfalfa es el cultivo forrajero por excelencia, durante los últimos cinco años. En el 2004 la superficie sembrada con esta leguminosa en el país fue de 356, 845.04 has, donde destacaron con el 17.23, 15.35, 12.06 y 7.74%, de la superficie total, los estados de Chihuahua, Guanajuato, Hidalgo, Baja California Norte y Durango, respectivamente (Figura 1).

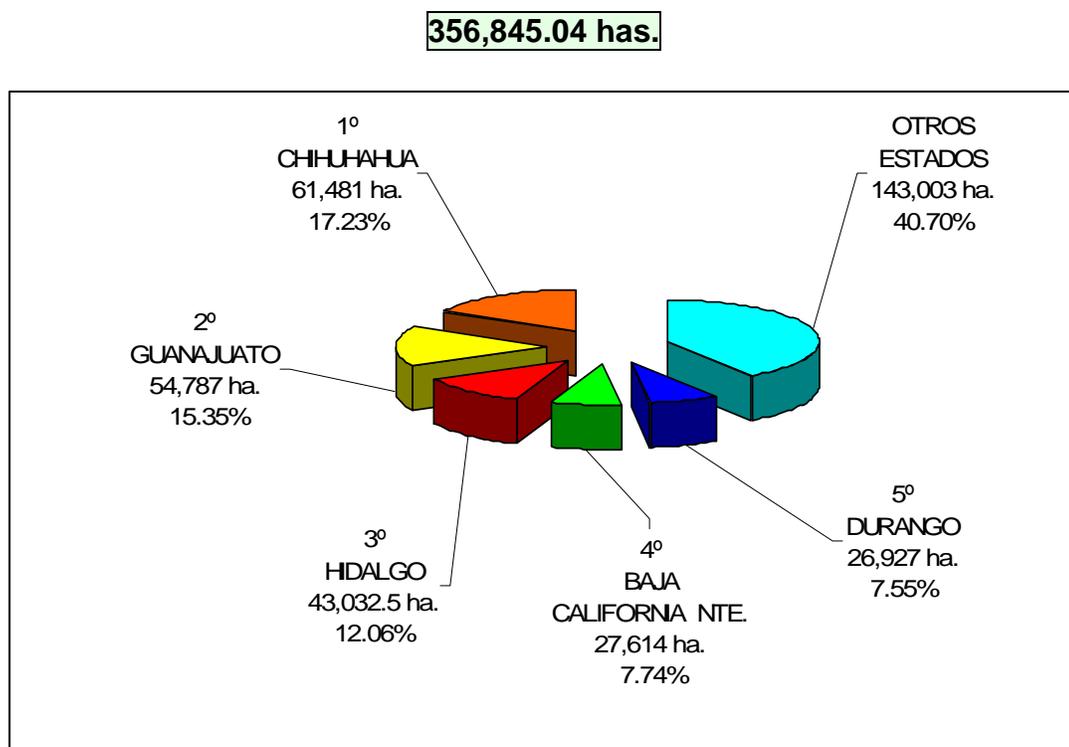


Figura 1. Superficie sembrada nacional de alfalfa verde en el año 2004.

La producción nacional de forraje de alfalfa fue de 26, 128, 903 t de forraje verde, destacando los estados de Hidalgo, Chihuahua, Guanajuato, Durango y Baja California Norte con el 17.15, 15.57, 12.14, 8.03 y 7.55% de la producción total, respectivamente, con un rendimiento promedio de materia verde de 73.22 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Figura 2).

**26, 128, 903 ton.**

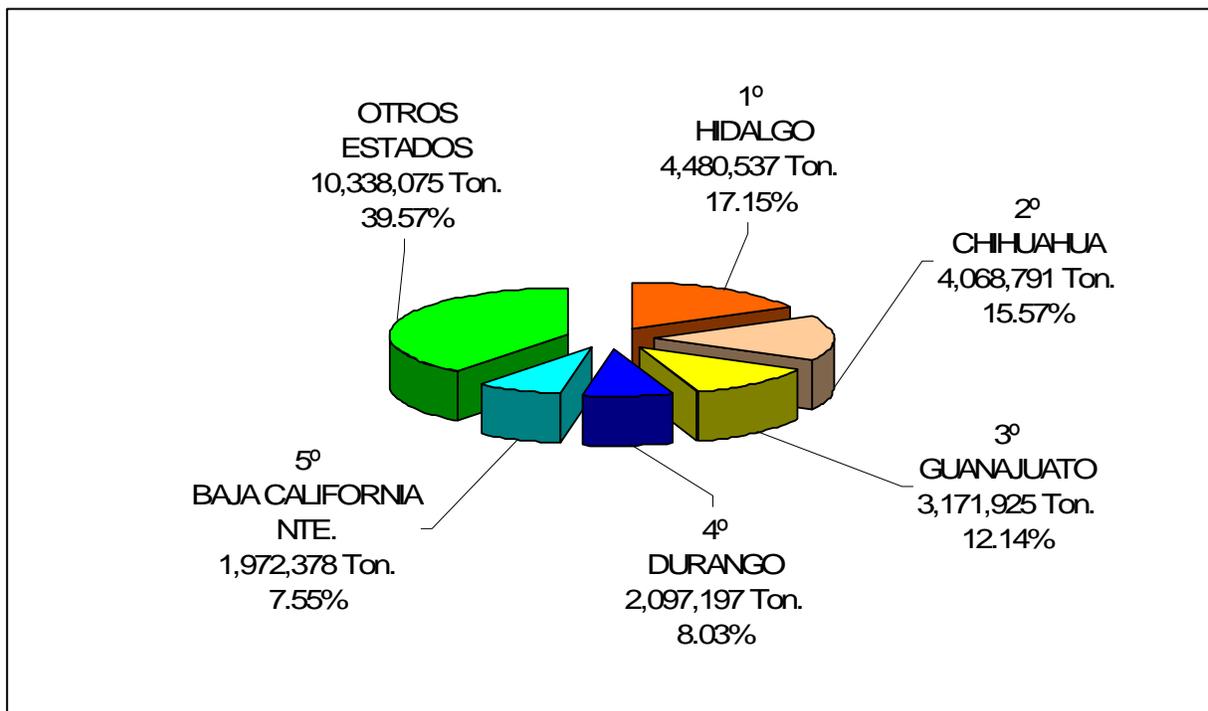


Figura 2. Producción nacional de alfalfa verde en el año 2004.

#### 2.4. Producción de alfalfa en el Estado de Hidalgo

No es por más recalcar la gran importancia que tiene el cultivo de alfalfa en el estado de Hidalgo, principalmente en el Valle del Mezquital, pues está ubicado entre los primeros lugares en cuanto a superficie sembrada y producción de la misma. La mayor parte de esta superficie se encuentra en el área correspondiente al Distrito de Riego No. 3 de Mixquiahuala, Hidalgo el cual es irrigado por aguas negras.

De las 618, 532.05 ha destinadas para uso agrícola (29.47%) en 2004, 153, 647.64 ha fueron de riego (7.32%), de las cuales 43, 032.50 ha (28%) de esa superficie sembrada, se dedica al cultivo de la alfalfa verde en el estado, ocupando el 3<sup>er</sup> lugar en cuanto a superficie, solo siendo superado por los estados de Chihuahua y Guanajuato.

La alfalfa en Hidalgo se consume en cuatro presentaciones, las cuales son: henificada en pacas de 35 kg.; manojos de 1.5 kg. en verde; en “greña” (alfalfa secada no empacada), generalmente para autoconsumo, y una pequeña cantidad que se envía para silo (triturada) cuadro 1.

Cuadro 1. Presentaciones de la alfalfa y mercados de distribución en el Estado de Hidalgo.

Producto	Producción (Ton)	% de participación
Pacas 35 kg	1,758,162.71	54.5
Manojos 1.5 kg	112,909.53	3.5
Greña	1,290,394.65	40
Silo	64,519.73	2
Total	4, 480, 537	100

Fuente: INIFAP, 2007.

En relación a la producción de forraje de alfalfa en Hidalgo el año 2004 Hidalgo ocupó el 1<sup>er</sup> lugar en ese rubro, con una aportación de 4, 480, 537.00 t de forraje verde, (17.15%. del rendimiento total), superando a estados como Chihuahua y Guanajuato, aun con mayor superficie establecida.

De la zona productora los Distritos de Desarrollo Rural de Mixquiahuala y Tulancingo produjeron 4, 409, 549 t de forraje verde, aportando el 98.4% de esa producción, donde el 1.6% faltante es aportado por otras regiones del estado. El rendimiento promedio de forraje seco en el estado es de 1.8 ton/ha/año y el mayor rendimiento fue del Distrito de Desarrollo Rural de Mixquiahuala con 1.9 t ha<sup>-1</sup> de materia seca por año (Figura 3).

**4, 480,537 ton.**

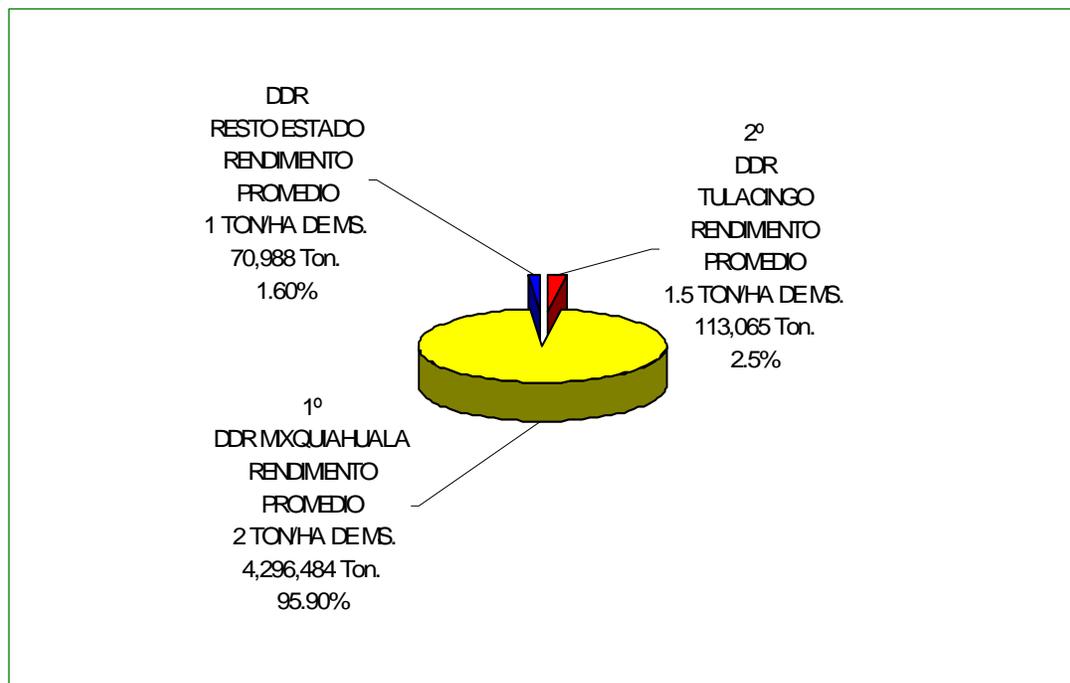


Figura 3. Participación en la producción por Distrito de Desarrollo Rural de alfalfa verde (modalidad: riego).

## 2.5. Problemática en la producción de alfalfa en el Estado de Hidalgo

Se han detectado una serie de problemas y/o demandas tecnológicas, así como algunos otros que se refieren a otros factores complementarios, cuya irresolución incide en el abatimiento de la competitividad de la cadena alfalfa e involucran a diversas instancias públicas y privadas.

Algunos de los problemas identificados requieren investigación específica para el Valle del Mezquital, dado las condiciones especiales de producción con aguas negras, por ello se plantean como relevantes los trabajos siguientes:

- a) La falta de variedades de mayor rendimiento y persistencia; principalmente en el Valle del Mezquital, las que mejor se adapten a las condiciones de riego con aguas negras.
- b) La falta de variedades con intervalos de cortes más breves y con suficiente vigor y apariencia para la venta en manojos.
- c) La falta de variedades para pastoreo y asociación con gramíneas
- d) El desconocimiento de los óptimos intervalos de riego.

En relación a los problemas y/o demandas de factores complementarios necesarios para la aplicación de tecnología, los de mayor relevancia y de carácter genérico son los siguientes:

- 1.- La falta de organización para el tandeo de riegos.
- 2.- La inexistencia de una norma de calidad que permita una relación equitativa entre oferta y demanda, así como la integración de la cadena alfalfa a las de consumo final de leche y carne en forma más competitiva para beneficio de todos los agentes participantes.
- 3.- La falta de créditos accesibles para los productores de subsistencia y transición que les permita aprovechar de mejor forma el cultivo, ya sea con hatos o rebaños para la producción de leche y carne o bien para poder transformarla en pacas.

## 2.6. Clasificación Taxonómica

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la alfalfa (*Medicago sativa* L.)

REINO	PLANTAE
DIVISIÓN	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	MAGNOLIOPSIDA
SUBCLASE	ROSIDAE
ORDEN	FABALES
FAMILIA	FABACEAE
TRIBU	TRIFOLIEAE
GÉNERO	<i>Medicago</i>
ESPECIE	<i>Sativa</i>

## 2.7. Descripción botánica

La alfalfa es una planta perenne que pertenece a la familia de las leguminosas con un promedio de vida de 5 a 7 años, según la relación agua, suelo, variedad y atmósfera. La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas, cuyo nombre científico es *Medicago sativa* L. Se trata de una planta perenne, vivaz y de porte erecto.

### 2.7.1. Raíz

La raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarias. Posee una corona que sale del terreno, de la cual emergen brotes que dan lugar a los tallos (Espinoza *et al.*, 2001). Esta leguminosa posee una raíz principal pivotante que al cabo del primer año alcanza profundidades de hasta 2.0 m; al segundo año es de hasta 3.5 m y según las condiciones de agua, suelo, clima y de la variedad, con el tiempo puede profundizar 10.0 m o más.

### **2.7.2. Tallos**

Son delgados y erectos para soportar el peso de las hojas y de las inflorescencias, además son muy consistentes, por tanto es una planta muy adecuada para la siega. Los tallos de la alfalfa son herbáceos, delgados, erectos y muy ramificados, suelen alcanzar una altura de 60 a 90 cm; puede haber de 5 a 25 o más tallos por planta que nacen de la corona leñosa de donde brotan nuevos tallos cuando los viejos maduran o son segados.

Los tallos nuevos o viejos forman un conjunto que reciben el nombre de corona, fracción fundamental de la planta de alfalfa. Las variedades adaptadas a climas cálidos presentan típicamente coronas sobre la superficie del suelo; no así en climas fríos, donde la corona aparece bien por debajo de dicho nivel.

### **2.7.3. Hojas**

Son trifoliadas, aunque las primeras hojas verdaderas son unifoliadas. Los márgenes son lisos y con los bordes superiores ligeramente dentados. Los folíolos adoptan distintas formas más o menos oblongas y anchas. A lo largo del tallo también varían de tamaño y de forma. Importante característica parietal, buscada afanosamente en todo trabajo de selección en esta especie, ya que la hoja, reúne óptimas condiciones bromatológicas y por tanto, resulta de decisiva importancia que el número y tamaño de las mismas sea lo mayor posible.

### **2.7.4. Flores**

La flor característica de esta familia es la de la subfamilia *Papilionoidea*. Son de color azul o púrpura, con inflorescencias en racimos que nacen en las axilas de las hojas. En cuanto a su conformación, son un gran estandarte con dos alas mayores que la quilla. Los estambres, diadelfos, forman por un lado un paquete de nueve estambres, reunidos en un tubo estaminal que envuelve el estilo y estigma.

Las alas poseen a ambos lados una especie de ganchos que obligan al conjunto de estambres y pistilo a permanecer dentro de la quilla (Del Pozo, 1983).

#### **2.7.5. Fruto**

Es una legumbre indehiscente sin espinas largas, enrollada en espiral que da de 3 a 5 vueltas. Contiene entre 2 y 6 semillas amarillentas, arriñonadas y de 1.5 a 2.5 mm de longitud (500 granos por gramo) con radícula muy señalada que representa una longitud de más de la mitad de la semilla (Del Pozo, 1983). La semilla es muy dura y con pocas reservas de nutrientes por lo que su sistema de producción de nutrientes tienen que empezar de inmediato desde la siembra o desde el primer riego hasta los quince días después (Meza, 2002).

#### **2.8. Preparación del terreno**

La semilla para germinar requiere de un medio que reúna condiciones de humedad, temperatura y aireación apropiada que permita el desarrollo del embrión y pueda dar así origen a las plántulas (SARH-INIA-CAEVOAX, 1983).

Castro (1982), señala que la preparación del terreno es fundamental para lograr un buen establecimiento de la alfalfa, por tanto se debe tener un suelo sin compactación, bien mullido y nivelado.

Pimentel *et al.* (1980), cita los siguientes objetivos que se obtienen al realizar una buena preparación del suelo:

- 1.- Regresar la estructura del suelo, que durante el cultivo anterior fue pérdida o modificada debido al agua de riego, lluvias, vientos, cambios de temperatura, paso de maquinaria y pastoreo.
- 2.- Proporcionar al nuevo cultivo condiciones de aireación en un sistema radicular necesario para un buen desarrollo.

- 3.- Incorporar los residuos de cosecha y/o malas hierbas al terreno, mismos que redundaran en el mejoramiento físico y químico del suelo.
- 4.- Exponer las plagas al sol, ocasionando la deshidratación y muerte de las mismas.
- 5.- Facilitar la construcción de surcos, canales, melgas y bordos, por quedar el suelo en mejores condiciones de manejo.
- 6.- La distribución de agua en áreas de riego será más uniforme. En áreas de temporal se utilizará eficientemente la lluvia.
- 7.- La descomposición o efecto de fertilizantes o de cualquier tipo de productos aplicados al suelo aumentará considerablemente.
- 8.- El control de sales se incrementará al mejorar las características del drenaje natural del terreno.
- 9.- La profundidad de siembra será más uniforme y la germinación de la semilla será alta.

Ramírez (1974), SARH-INIA CAEVOAX (1983) y Pimentel *et al.* (1980), señalan las siguientes prácticas de preparación del suelo:

**1.- Subsoleo.** Este se sugiere en terrenos que están muy compactos o que tienen una capa dura superficial (30, 60 o 90 cm. de profundidad) la cual se forma cuando se ha cultivado por varios años. Esta puede impedir el buen drenaje del suelo, la capacitación de humedad o la libre penetración de raíces de cualquier cultivo.

**2.- Barbecho.** Esta consiste en roturar el suelo para remover la capa superficial y su profundidad varía de acuerdo a las características del suelo y del cultivo que se va a sembrar. Para el caso de la alfalfa se sugiere hacer el barbecho a una profundidad aproximada de 30 cm. o aún mayor si las condiciones lo permiten y con bastante anticipación. Esta labor permite la aireación del suelo y expone al medio físico los huevecillos y larvas de las plagas de la raíz del cultivo de la alfalfa, además de controlar alguna malezas, es decir controla las condiciones físico-químicas y biológicas del terreno, además de incorporar los residuos del cultivo anterior y los de las malezas para propiciar su descomposición y aumentar la fertilidad y contenido de

materia orgánica del suelo.

**3.- Rastro.** Una vez barbechado el terreno, se dan 2 ó 3 pasos de rastra con el fin de terminar de desmenuzar los terrenos que quedan en el suelo y dejar una cama de siembra bien mullida que permite un buen contacto entre la semilla de la alfalfa y las partículas del suelo proporcionando una buena germinación y población de plantas, además retiene humedad por más tiempo. La rastra, el subsoleo y el barbecho dependen de: la textura del suelo, contenido de humedad del suelo en el momento de la ejecución, cantidad y tipo de vegetación que se requiera incorporar, profundidad del suelo y características del equipo.

**4.- Nivelación.** La nivelación del terreno es parte importante en la preparación del suelo. Consiste en darle al suelo la forma plana. De lo bien realizada, depende el fácil manejo, distribución del agua y la uniformidad de los riegos, evitándose el encharcamiento y consecuentemente pudrición de la raíz.

**5.- Melgueo.** El trazo de las melgas, se hace de acuerdo con la pendiente y textura del suelo y tomando en cuenta la cantidad de agua disponible para el riego.

**6.- Siembra.** Las siembras de otoño pueden realizarse en regiones no muy frías en las que el riesgo de heladas tempranas es escaso y, por tanto, las plantas de alfalfa tienen tiempo suficiente para desarrollar su sistema radicular y acumular sus reservas.

Las siembras en regadío de primavera tienen el único inconveniente de la invasión de malas hierbas; además, la producción de alfalfa es baja el primer año ya que no se normaliza hasta bien entrado el verano, a partir del tercer ó cuarto corte. La alfalfa puede ser en cualquier época del año, pero es recomendable establecerla en el otoño e invierno, en este periodo los problemas por maleza se reducen, debido a la presencia de temperaturas bajas. En la etapa de emergencia, a la alfalfa es muy tolerante a las bajas temperaturas, siempre y cuando exista suficiente humedad en el

suelo. Aunque existen autores que difieren en cuanto amplitud del periodo de siembra ideal ya que consideran los meses de diciembre y enero como inviables para realizar el establecimiento del alfalfar.

**7.- Profundidad de siembra.** La profundidad a la cual se deposita la semilla y la presión con la cual debe taparse varía con las características del suelo; en terrenos ligeros o arenosos se puede sembrar a 2.5 cm. de profundidad con una presión elevada y en terrenos pesados se recomienda sembrar a 1 a 2.5 cm de profundidad para facilitar la emergencia de la plántula (Del Pozo, 1983; Muslera y Ratera, 1984).

**8.- Método de siembra.** Ramírez (1974) y Del Pozo (1983), señalan que aunque los agricultores de las zonas alfareras tienen diversas formas de realizar su siembra, en realidad solo existen dos sistemas bien conocidos y prácticos, al voleo y en surcos.

El sistema de siembra al voleo es el más usual en todo el país y da buenos resultados cuando se hace bien. Consiste en tirar la semilla uniformemente sobre las melgas, a mano o por medio de máquinas sembradoras operadas a mano o con el tractor. Después de esparcir uniformemente la semilla sobre la cama de siembra, hay que cubrirla ligeramente, lo cual puede hacerse pasando una rastra liviana de ramas sobre la superficie. Si se utilizan máquinas sembradoras de alfalfa, estas simultáneamente van tirando la semilla y tapándola. La siembra en surcos permite un ahorro de semilla de 20 a 40%, en siembra para producción de semilla este ahorro es mayor, se economiza el agua disponible en el suelo y se reduce la competencia entre plantas. Este método de siembra se recomienda cuando el cultivo se va a destinar para la producción de semilla, o cuando se combina producción de semilla y forraje.

## **2.9. Factores que influyen en el rendimiento**

Para tener éxito en el establecimiento de alfalfa en un ambiente agroecológico determinado deben conocerse que factores favorecen o limitan su crecimiento, su rendimiento de forraje y persistencia.

### **2.9.1. Temperatura**

Del Pozo (1983), indica que en los meses fríos de invierno la alfalfa detiene su crecimiento y comienza su rebrote en forma vigorosa con las temperaturas cálidas en primavera, señala que además algunas variedades de alfalfa toleran sin dificultad temperaturas tan bajas como de 10 y 15 °C bajo cero y un rango óptimo fluctúa entre 18 y 25 °C, según la variedad. Muslera y Ratera (1984), mencionan una temperatura óptima para el crecimiento de la alfalfa entre 15 y 25 °C durante el día y 10 - 20 °C por la noche y una reducción en el crecimiento de rebrotes de alfalfa con temperaturas mayores a 30 °C. Statyler citado por Álvarez y López (1992), mencionan que a medida que se incrementa la temperatura, aumenta la fotosíntesis neta, hasta alcanzar el punto óptimo máximo, disminuyendo hasta cero si la temperatura sigue aumentando. Smith y Marten (1970), reporta que la alfalfa tiene un mayor rendimiento a los 21 °C en el día y 15 °C por la noche; temperaturas mayores causan la reducción del crecimiento de las plantas de alfalfa.

### **2.9.2. Humedad**

La planta de la alfalfa se considera como bastante resistente a la sequía (Muslera y Ratera, 1984; Del Pozo, 1983). La falta de humedad provoca un retraso en el desarrollo de tallos y raíces, pero también la humedad en exceso tiene efectos detrimentales en el crecimiento de la alfalfa (Cowelt y Sprague, 1996). La cantidad de agua para un buen desarrollo del alfalfar depende de factores climáticos y edáficos que determinan la intensidad de la evapotranspiración. Las limitaciones de agua restringen la producción y rendimiento de forraje, deteniéndose el crecimiento en condiciones extremas. Es muy sensible a inundaciones cuando se encuentra en periodos de crecimiento activo. En invierno puede tolerar encharcamientos de dos o tres días, si este se prolonga o coincide con plena estación productiva entonces los rendimientos descienden rápidamente, especialmente debido al alto porcentaje de plantas que mueren al no poder respirar sus raíces (Del pozo, 1983). La persistencia de la alfalfa en áreas con mala distribución de las lluvias, se da gracias a la longitud y

profundidad de sus raíces que le permitan obtener el agua en las capas más profundas del terreno y a su característica de dormancia o letargo (Muslera y Ratera, 1984).

La alfalfa crece extraordinariamente bien en climas secos en condiciones de riego, es muy resistente a la sequía pero entra en periodo de latencia durante los periodos secos y solo reanuda el crecimiento cuando las condiciones de humedad vuelven a ser favorables (Hanson, 1980).

Islas (1972), indica que una alta precipitación satura el suelo de humedad y consecuentemente hay menos oxígeno en la atmósfera del suelo, se propicia el desarrollo de plagas y enfermedades de la raíz; y por lo que en consecuencia baja la producción de alfalfa.

### **2.9.3. Fotoperiodo**

Las horas luz favorecen la producción de alfalfa y la floración (Muslera y Ratera, 1984). Del Pozo (1983) señala que la actividad fotosintética es proporcional al número de horas luz diarias en cada momento del año. Por su parte Cowelt y Sprague (1996), mencionan que las plantas que tuvieron una mayor cantidad de humedad y un fotoperiodo largo (16 horas) registraron mayor rendimiento, altura y número de hojas,

### **2.9.4. Ácidez**

El Ph óptimo para el cultivo de la alfalfa es de 7.2 (Del Pozo, 1983). La acidez del terreno implica: 1) la nodulación del *Rhizobium meliloti*, bacteria nodulante en la alfalfa no se produce a un Ph menor de 5.0 y reduce su eficiencia de fijar nitrógeno atmosférico a un Ph menor de 6.0; 2) disminución en la absorción del ion calcio, toxicidad por los iones aluminio y manganeso. La alfalfa no se desarrolla bien en suelos ácidos con un Ph inferior a 5.6, por lo que es necesario la aplicación de cal

para conseguir un establecimiento exitoso, debido a las limitaciones que la acidez produce en la supervivencia y multiplicación del *Rhizobium* específico, lo que ha limitado su cultivo a zonas de suelos neutros o alcalinos (Muslera y Ratera, 1984).

### **2.9.5. Alcalinidad**

Del Pozo (1983) y Muslera y Ratera (1984), señalan que la alfalfa es una planta cuyo óptimo de Ph se sitúa en la zona neutral (6.5 a 7.0), si bien tolera más la alcalinidad que la acidez; sin embargo, cuando esta alcanza valores altos la disponibilidad de ciertos elementos como fósforo, hierro, manganeso, boro y zinc, queda reducida afectando el desarrollo óptimo de la planta.

### **2.9.6. Profundidad del suelo y drenaje**

Las plantas de alfalfa se desarrollan óptimamente en suelos de textura media, profundos y bien drenados. Cuando el suelo tiene dificultades de drenaje el agua se estanca expulsando el aire de los poros del mismo y empobreciéndose paulatinamente en oxígeno, las plantas a falta de este elemento mueren por asfixia. Un buen drenaje permite que el agua de riego o lluvia remueva el oxígeno y propiciando así un buen desarrollo radicular, razón que hace a la alfalfa resistente a la sequía ya que es capaz de extraer el agua que necesita de las más profundas capas del suelo. Salinas (1988), señala que la alfalfa presenta un amplio rango de adaptación a diferentes suelos prefiriendo aquellos terrenos más profundos, francos y fértiles con un buen drenaje, suficientemente planos. Al respecto, Tesar y Jackobs (1972), señalan que los suelos de migajón profundos con subsuelo poroso favorecen el crecimiento y extensión de las raíces; así como un buen drenaje.

### **2.9.7. Profundidad de siembra**

La profundidad a la cual la semilla se deposite y la presión con que se tape deben acomodarse a las características del suelo, la colocación varía entre 6 y 12

mm (Hughes, 1984). En un principio, cuanto más profunda este la semilla, más cerca se encuentre de la humedad y por tanto, en mejores condiciones de germinación. Pero al germinar la planta, va viviendo y formando sus tejidos a expensas de sus reservas acumuladas en el albumen, gastará sus reservas y morirá antes de llegar a la superficie del suelo si se entierra excesivamente. Esto se agrava en los terrenos pesados y compactados, donde le cuesta al tallo gran esfuerzo atravesar las sucesivas capas del suelo. Se han registrado germinaciones de alfalfa del 64, 53, 45 y 19% en siembras con una profundidad de 1.2, 2.5, 4 y 5 cm., respectivamente, en pruebas de invernadero con una adecuada cantidad de agua. Es importante realizar una siembra superficial entre 0.6 – 1.2 cm. de profundidad, excepto en suelos arenosos donde la semilla debe colocarse a mayor profundidad. La necesidad de la compactación es mayor cuando las siembras son poco profundas y las condiciones de humedad son bajas (Hanson, 1980).

#### **2.9.8. Densidad de siembra**

Si se hace una buena preparación del terreno y se siembra en época indicada, 30 Kg. de semillas por ha con un mínimo de 85% de germinación (Castro, 1982; Salinas, 1988) serán necesarios para obtener una alfalfa con un buen rendimiento. En Tula, Hidalgo; la densidad de siembra varía de 20 a 60 Kg., dependiendo de los medios económicos del agricultor, con una media de 40 Kg. (INIA-CIAMEC, 1975); se recomienda sembrar 30 Kg. de semilla pura y viable por ha.

Briseño y Castro (1976), señalan que al hacer estudios de la densidad de siembra con rango de 12.5 a 31.25 Kg. de semilla por ha, encontraron que aunque inicialmente las más altas densidades dieron un mayor número de plantas/m<sup>2</sup>, en la primavera siguiente este número fue prácticamente el mismo para todas las densidades de siembra. Castro (1980), en un estudio realizado en Chapingo e Hidalgo, para determinar la densidad óptima de siembra para lograr un buen establecimiento, no encontró diferencias significativas en la producción de forraje verde y seco de alfalfa con densidades de siembra entre 15 a 50 Kg. de semilla/ha.

El autor señala que 30 Kg/ha de semilla pura viable (SPV) son suficientes para lograr un buen establecimiento de alfalfa, siempre y cuando esta se siembre en suelo bien preparado y en la fecha de siembra adecuada.

#### **2.9.9. Momento del corte**

El momento del corte apropiado es cuando se forman los botones florales y aparecen las primeras flores, cuando la alfalfa se ciega tardíamente y la planta tiene sus hojas inferiores envejecidas y poco activas fotosintéticamente, su capacidad de rebrote depende de las reservas de la corona y raíces, más que del área foliar residual (Muslera y Ratera, 1984).

Para Salinas (1988) citado por Moreno (1994), en primavera, verano y otoño el corte se debe realizar al inicio de la floración mientras que en invierno se recomienda cuando los nuevos brotes tengan de 3-5 cm. Smith y Marten (1970), registró mayores rendimientos estacionales de forraje, nutrientes y persistencia del alfalfar a intervalos de corte entre 35 y 42 días.

#### **2.9.10. Variedad**

Existen alrededor de 23 variedades de alfalfa que se comercializan en México y se señala que las variedades que han presentado los mejores rendimientos son las que no presentan dormancia en invierno o sea aquellas variedades que en la época de invierno no son muy afectadas en su desarrollo. Entre las variedades criollas nacionales, las que han sido formadas mediante selección a partir de estas o las variedades importadas que destacan por sus altos rendimientos y buenas características agronómicas son: Atlixco, Tanhuato y variedades mejoradas como Moapa, Valenciana y Joaquín II en el Valle de México y regiones similares.

Otras variedades son la Puebla-76, INIA-76 y Mixteca estas últimas variedades superan aproximadamente 10 t ha<sup>-1</sup> año la producción de forraje verde de

las variedades Valenciana, Moapa y Joaquín II las cuales se siembran comúnmente en la región templada del Estado de México. Se reporta que la variedad de alfalfa Apollo es más rendidora ( $8.7 \text{ t ha}^{-1}$ ) que la variedad Alfagraze ( $8.0 \text{ t ha}^{-1}$ ) y Cimarrón ( $7.9 \text{ t ha}^{-1}$ ), cuando se cosechó el forraje a una altura a menos de 2 cm, a 5 cm se incremento el rendimiento de forraje a 10.0, 9.2 y  $8.7 \text{ t ha}^{-1}$  y a 10 cm se cosechó menos del 38 % del forraje (Belesky y Fedders, 1997).

### 2.9.11. Fertilización

La alfalfa obtiene directamente el nitrógeno del aire por medio de bacteria que se encuentran en los nódulos radiculares, solo necesita pequeñas cantidades de nitrógeno durante el periodo que va de germinación hasta que la simbiosis alfalfa-rhizobium empieza a funcionar. Se recomienda fertilizar con 20 unidades de nitrógeno/ha, cantidades más altas perjudican el proceso de nodulación. La aplicación de fósforo es necesaria para un buen establecimiento, mantener la producción alta y el desarrollo radicular. En el primer año de establecimiento puede ser un factor limitante en la producción de alfalfa ya que cumple importantes funciones vitales y afecta su comportamiento de resistencia al frío, sequía, formación y almacenamiento de reservas. Salinas, (1988) y Hanson (1980), señalan que la fertilización del suelo influye en la cantidad y calidad del forraje. Para el Valle de México región similar a la de Tula, Hidalgo se recomienda la formula de fertilización 40-120-00 a la siembra y posteriormente cada seis meses aplicar 60 Kg. de fósforo/ha, para alfalfares ya establecidos es necesario agrietar para que el fertilizante pueda penetrar y ser absorbido por la planta. Martínez *et al.* (1990) indican que 220 kg de fósforo antes de la siembra son suficientes para dos años o bien 110 kg/ha a la siembra y posteriormente el resto para complementar los 220 kg.

Hanson (1980), cita experiencias de los beneficios de la fertilización fosfórica sobre la proteína cruda especialmente en suelos deficientes de fósforo; sin embargo, Alway y Nelson citados por Hanson (1980), señalan que la fertilización fosforada no influyó en el porcentaje de proteína cruda, aunque se incremento el rendimiento de

forraje en forma importante. Las plantas de alfalfa necesitan únicamente aportaciones equilibradas de abonos fosforados y potasicos, aplicaciones excesivas de nitrógeno reducen la formación de aminoácidos, tales como la metionina y cisticina. Langer citado por Moreno (1994), señala que la alfalfa extrae del suelo cantidades considerables de nutrientes por lo que requiere aplicación regular de fertilizantes para compensar la extracción y estimular una fijación efectiva de nitrógeno.

### 2.9.12. Malezas

Las plantas no deseables en la alfalfa compiten por nutrientes y espacio, afectando así la sobrevivencia de las plantas y por lo tanto, el rendimiento de forraje y densidad de las plantas en el alfalfar (Chapman, 1992). El método más eficaz para evitar la invasión de malezas es evitar sembrarlas junto con la alfalfa, por lo tanto, deben emplearse semillas con alto contenido de pureza. En el caso de los forrajes, el principio básico del combate contra las malas hierbas es la competencia, por lo tanto hay que producir un cultivo vigoroso para que las malas hierbas no tengan posibilidad de establecerse.

Cuadro 3. Malezas más comunes en alfalfares establecidos

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
Cebollin	<i>Cyperus rotundus</i>
Gramon	<i>Cynodon dactylon</i>
Lengua de vaca	<i>Rumex crispus</i>
Pasto baraval	<i>Setaria geniculata</i>
Pasto puna	<i>Stipa brachychaeta</i>
Pata de perdiz	<i>Eleusine indica</i>
Rama negra	<i>Conyza bonariensis</i>
Sorgo de alepo	<i>Sorghum halepense</i>
Sanguinaria	<i>Polygonum aviculare</i>
Enredadera anual	<i>Polygonum convolvulus</i>

### 2.9.13. Plagas

La alfalfa es atacada durante el año por diferentes especies de insectos que pueden causar daños de importancia económica por que provocan una disminución en la calidad del forraje. A continuación se mencionan algunas.

**a) Pulgón manchado, Therioaphis maculata Buckton.** Se desarrolla bajo condiciones frescas de temperatura, cuando los enemigos naturales no están activos. Se controla con aplicaciones de Pirimor 50% (300 grs), Paration metílico 50% (0.75 lts) o bien con Malation 1000e (1.0 lts) diluidos en 200 lts de agua para una Hectárea (Salinas, 1981).

**b) Pulgón verde, Acuthosiphon pisum Harris.** El ataque más grave ocurre en la etapa inicial y final del invierno y en el verano cuando hay ausencia de lluvias (Castro, 1982). Sin embargo, se puede presentar todo el año (Salinas, 1981). Se alimentan de las hojas y tallos más suculentos de la parte superior de la planta, causando marchites y amarillamiento de las hojas en infestaciones fuertes, lo que ocasiona que se detenga el crecimiento. Se controla igual que el pulgón manchado, se recomienda hacer la aplicación 15 días antes del corte (Serrano, 1973).

**c) Gusano verde de la alfalfa, Colias enrytheme Boisduval.** La mayor incidencia es de mayo a octubre, causa daños considerables, la población de larva es abundante. Se controla con 1.5 lt/ha de Thiodan EE-35, o bien, 1 lt/ha de Malation CE-84 (Ibarra, 1982).

**d) Diabrotica, Diabrotica spp.** Los adultos se alimentan de las hojas, su incidencia es de peligro cuando el alfalfar es de reciente establecimiento (Serrano, 1973). Su control es con Supracid 40E, 1.0 lt/ha, Sevidan 70% ph, 2.0 kg/ha o Folimat 1000E, 0.3 lt/ha (SARH-INIA-CIAMEC-CAEVAMEX,1981).

**e) Chicharritas, Espoasca spp.** El periodo de mayor incidencia comprende de

junio a noviembre. Se controla con las siguientes dosis por ha de estos químicos. 1.55 lt, de Thiodan 35%, o bien 1.5 lt de Furadan 48% (Ibarra, 1982).

#### **2.9.14. Enfermedades**

Las enfermedades de la alfalfa causan deterioro y muerte de las plantas; por lo que generan pérdidas económicas; sin embargo, su ocurrencia y severidad depende principalmente de las condiciones ambientales, del tipo de suelo y del manejo que se de al cultivo (Espinoza *et al.*, 2001).

Las enfermedades en el cultivo de alfalfa limitan la producción en tal medida, que se puede verificar pérdidas anuales de hasta un 25% menos de producción de forraje y 10 % menos en el rendimiento de semillas.

Las principales enfermedades que atacan a la alfalfa son:

**a) Marchites** por Phytophthora megasperma Drechsler. Ocurre por lo general en áreas con drenaje deficiente o donde existen encharcamientos. El forraje toma un color amarillento, formándose en algunas partes una coloración rojiza, las plantas crecen raquíticas y en ocasiones mueren. Las raíces se observan con lesiones de color ladrillo y posteriormente café con las orillas amarillas. Su control es evitando los excesos de agua (Salinas, 1981).

**b) Pudrición texana**, Phymafotrichum omnivorum Sthear Dug. Es frecuente en suelos alcalinos arenosos. Los síntomas son: amarillamiento de las puntas de los tallos, de los retoños completos, secándose posteriormente la planta, hay ennegrecimiento de la raíz y se observan filamentos blanquecinos sobre su corteza a nivel del suelo (Carillo, 1975, Ibarra, 1982). Para su control se recomienda rotación de cultivos por periodos de 4 a 5 años con gramíneas y hacer barbechos profundos para exponer el hongo al sol (Salinas, 1981).

**c) Peca, viruela o mancha de la hoja, Pseudopeziza medicaginis Lib Sacc.** Se encuentra con mayor intensidad en los alfalfares del estado de Hidalgo. La incidencia ocurre en el verano y parte de otoño. Las hojas presentan manchas ovaladas de color café claro con bordes más oscuros, conforme avanza el daño las hojas se ponen amarillas y se caen (Castro, 1982). Los ataques son más agudos cuando las plantas están próximas a la floración y fructificación (Tocagni, 1980).

**d) Mildiu o cenicilla vellosa, Perennes paratrfoliurum de By.** Ampliamente distribuida en la región central del país, se presenta en condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas. Las hojas afectadas presentan coloración verde pálido, después cambia a amarillo, en el envés se forma una masa algodonosa de color blanco grisáceo y cuando las hojas pierden coloración en ocasiones llegan a desprenderse (Castro, 1982).

Las enfermedades de la alfalfa causan deterioro y muerte de las plantas y generan pérdidas económicas; sin embargo, su ocurrencia y severidad depende principalmente de las condiciones ambientales, del tipo de suelo y del manejo que se da al cultivo (Espinoza *et al.*, 2001).

### **2.9.15. Germinación**

La germinación de la semilla comienza con la imbibición de agua y a partir de este fenómeno sufre las siguientes transformaciones: desarrolla una raíz partiendo de una radícula preexistente en la semilla, el epicotilo se alarga para sacar los cotiledones hasta la superficie del suelo. Todo ello se realiza a costa de las reservas existentes en la semilla, las cuales son limitadas, esperándose que en semillas de mayor tamaño originen una plántula de mayor vigor. Finalmente el poder germinativo de una semilla queda definido por el porcentaje de semillas que son capaces de germinar y este poder germinativo disminuye con la edad de la semilla (Metcalf y Elkins, 1987).

Graber citado por Del Pozo (1983), encontró que el poder germinativo de las semillas de alfalfa es de un 93%, el cual con el tiempo de almacenamiento se reduce a 79% al cuarto año, al 64% a los ocho años y al 47% a los doce años. Los porcentajes mínimos de pureza y germinación autorizados son el 99 y 90%, respectivamente, contemplándose en estos estándares la presencia de semillas duras y la presencia de semillas con cuscuta.

## **2.10. Aprovechamiento de la alfalfa**

### **2.10.1. En verde**

Al cortar el forraje en un estado de madurez apropiado y alimentando el ganado en ese momento, es en esta forma como se ofrece la más alta calidad y palatabilidad del forraje. La alfalfa en verde constituye una excelente forma de utilización por su buena calidad e ingestibilidad, pero conlleva gastos importantes tanto en mecanización como en mano de obra. Al contrario sucede con el pastoreo directo, pues constituye la forma más económica de aprovechamiento de una pradera, junto al pastoreo rotacional. Sin embargo, las fluctuaciones estacionales en la época de desarrollo y cosecha de las plantas hace necesario algún proceso de conservación del forraje para épocas en que este no puede cosecharse en forma como se quiera para el ganado, sin embargo, este proceso de conservación implica que se tengan algunas pérdidas del forraje durante la cosecha y el almacenamiento.

### **2.10.2. Ensilado**

Es un método de conservación de forrajes por medios biológicos, siendo muy adecuado en regiones húmedas, cuya principal ventaja es la reducción de pérdidas tanto en siega como en almacenamiento.

La posibilidad de ensilar la alfalfa facilita la conservación de los primeros y últimos cortes (realizados durante la primavera y a principios de otoño), los cuales

son más difíciles de henificar, ya que la probabilidad de lluvias durante este periodo se incrementa.

Para conseguir un ensilado de calidad, el forraje debe contener un elevado porcentaje en materia seca (30-40%), debiendo estar bien troceado para conseguir un buen apisonamiento en el silo.

Para ayudar un poco en la fermentación del silo de alfalfa es recomendable agregarle un inoculante que ayude a una mejor fermentación, el que se recomienda por sus buenos resultados son el ácido propiónico, este es un inhibidor de hongos que ayuda mucho a la conservación y preservación del ensilaje, dándole una mayor estabilidad al momento de alimentar a los animales.

La alfalfa es el cultivo más difícil de ensilar de todos los forrajes, debido a que tiene una alta capacidad buffer que le hace difícil la acidificación, el otro factor que también es problema es la baja cantidad de carbohidratos solubles que contiene limitando la fermentación ([www.agribiotech.com](http://www.agribiotech.com)).

En años recientes el uso de aditivos en los silos ha tomado importancia, buscando eficientar el proceso de fermentación, como la estabilidad de los ensilados entre los aditivos principales están:

- a) Inoculantes bacterianos
- b) Ácidos orgánicos
- c) Fuentes de nitrógeno no proteico y enzimas

### **2.10.3. Henificado**

El uso de la alfalfa como heno es característico de regiones con elevadas horas de radiación solar, escasas precipitaciones y elevadas temperaturas durante el periodo productivo.

El proceso de henificado implica cambios físicos, químicos y microbiológicos que producen alteraciones en la digestibilidad de la materia orgánica del forraje respecto al forraje verde.

La henificación consiste en reducir lo más rápidamente posible el contenido de humedad del forraje fresco hasta un rango que varía entre 18 y 20%, nivel en el que la respiración y la actividad de microorganismos descomponedores son prácticamente nulas. De esta forma se evitan cambios importantes en la descomposición del forraje conservado.

El proceso de henificación debe conservar el mayor número de hojas posible, pues la pérdida de las mismas supone una disminución en calidad, ya que las hojas son las partes más digestibles y como consecuencia se reduce el valor nutritivo. El periodo de secado depende de la duración de las condiciones climáticas (temperatura, humedad y velocidad del viento), de la relación hoja/tallo (es más lento a mayor proporción de tallos) y del rendimiento (el incremento del rendimiento por hectárea aumenta la cantidad de agua a evaporar).

#### **2.10.4. Deshidratado**

Es un proceso que consiste en la recolección del forraje verde, su acondicionamiento mecánico y el secado mediante ventilación forzada. La alfalfa deshidratada incrementa la calidad del forraje, economía del transporte y almacenamiento, permaneciendo sus características nutritivas casi intactas.

Los productos obtenidos se destinan fundamentalmente a las industrias de las raciones balanceadas para la alimentación de la mayoría de los animales de granja. A continuación se mencionan algunos de los productos de mayor importancia.

**a) Cubos de alfalfa:** Otra de las opciones de comercialización es la alfalfa en cubo. Para su elaboración, la alfalfa sufre un proceso de picado anterior a la

deshidratación, obteniéndose un producto con una fibra de 3 cm. de longitud.

Los cubos son pequeños prismas rectangulares de 96 cm., cúbicos, compuestos por alfalfa picada y deshidratada, utilizado en la alimentación de distintas especies animales. El cubo posee una fibra larga que tiene mayores virtudes que los cubos más pequeños o los pellets.

**b) Pellets:** El proceso es muy similar al anterior y los costos son equiparables. Este tipo de producto se usa fundamentalmente para pequeños rumiantes y cerdos. En bovinos y equinos no es recomendable como reemplazo total de la dieta ya que tienen fibras muy cortas, lo que dificulta la digestión de los animales.

#### **2.10.5. Pastoreo de la alfalfa**

El pastoreo es una alternativa a su cultivo en zonas con dificultades de mecanización de las labores de siega y recolección, además de ser un sistema económico de aprovechamiento en la que se reducen los costos de la explotación ganadera.

Los inconvenientes que limitan el pastoreo de la alfalfa son los daños del animal sobre la planta (reducen su producción y persistencia) y los trastornos digestivos sobre el animal (<http://www.infoagro.com>).

#### **2.11. Factores que afectan la producción y calidad del forraje**

Pese a que las leguminosas no constituyen por si solas un régimen alimenticio completo para el ganado, si en cambio, puede afirmarse que son superiores a cualquier otra planta en contenido mineral y proteico. El cultivo de la alfalfa es el que más proteína produce por hectárea y de gran calidad. Las partes aéreas son las más ricas en nitrógeno, especialmente semillas y hojas (Muslera y Ratera, 1984).

En la calidad y cantidad del forraje influyen mucho los factores ambientales de corto y largo alcance, que caracterice a la zona que se utilice. El lugar, manejo, estado de crecimiento, estación, variedad y características de cada planta influyen sobre la interrelación del rendimiento y calidad. Los rendimientos elevados casi siempre corresponden al forraje maduro, alto, cuyo contenido de fibra y lignina es generalmente elevado, en tanto que el de proteína es bajo, también con la madurez disminuye la digestibilidad (Elliot *et al.*, 1972). Por otra parte, factores que limitan significativamente los rendimientos de forraje en alfalfa son: enfermedades, plagas y malezas.

### **2.11.1. Temperatura y humedad**

La cantidad de forraje producido en las distintas épocas del año, esta íntimamente relacionada con la precipitación y temperatura ambiente. Con una precipitación acumulada de 185 mm y 14.8 °C de temperatura se han obtenido las mayores producciones por corte; con mayor precipitación y temperatura, la producción disminuyó (Islas, 1972).

Por otra parte, cuando la precipitación fue 50% más que el promedio, la producción de forraje de alfalfa resultó aproximadamente el doble, comparada con los rendimientos en los años que hubo menor cantidad de lluvias (Berg, 1990). En relación a lo anterior, Rice *et al.* (1989), encontraron mayor rendimiento de forraje en alfalfa no irrigada durante los periodos de una precipitación adecuada, seguidos de los periodos de baja precipitación. Así mismo, el rendimiento es una función de la evapotranspiración en cada corte y el total de la estación, lo cual indica que el máximo rendimiento pudo haber sido limitado por el suplemento de agua, obteniendo como máximo 20.7 t ha<sup>-1</sup> en un promedio de los dos primeros años, con 1225 mm de evapotranspiración (Bolger y Matches, 1990).

### **2.11.2. Fertilidad del suelo**

Al igual que en el establecimiento de la alfalfa, la producción y calidad del forraje se ven afectados por la fertilidad del suelo. Al respecto, Berg (1990) menciona que un mayor vigor en el establecimiento esta dado por la fertilidad del suelo.

### **2.11.3. Efecto de la fecha y estación de corte**

Edmisten *et al.* (1988), establece que el rendimiento en primavera fue influenciado más por el largo del periodo de crecimiento del último corte de otoño, que por la fecha de corte de la misma estación; siendo necesario tener un buen manejo del alfalfar, siempre procurando que los cortes se realicen de tal forma que obtengamos los mayores rendimientos, la mejor calidad del forraje y que la persistencia de la alfalfa sea mayor. Ellos mismos en varios cortes hechos durante el otoño, observaron que el forraje de alfalfa tiene una concentración de Proteína Cruda que va desde 15.8 a 29.6 % y disminuye conforme se alarga el periodo de crecimiento.

En otro estudio se observó que los cortes realizados en Mayo y Junio fueron inferiores en rendimiento al resto de los cortes hechos en el periodo de Mayo-Octubre, con 0.730 y 0.984 de MS t ha<sup>-1</sup> respectivamente; y del total, los que más destacan son los de Julio con 2.169 t ha<sup>-1</sup> y Octubre con 2.186 t MS ha<sup>-1</sup> de MS. (Nass, 1972).

### **2.11.4. Henificado**

La calidad del forraje fresco, es el mejor parámetro para predecir la calidad del heno. Largos tiempos de secado reducen la digestibilidad in Vitro de la Materia seca (MS) y se incrementa el contenido de Fibra Detergente Neutro (FDN) en el heno, siendo el último el mejor indicador de la calidad de la alfalfa como respuesta a las prácticas de corte; el heno producido es de 1.6-2.2 t MS ha<sup>-1</sup>, menos que el forraje

fresco, siendo las pérdidas en el rendimiento de 17.1 a 25.5 % (Collins, 1990). El heno depende mucho de la cantidad de agua y sustancialmente contribuye a la pérdida de Materia seca (MS), nitrógeno y de los carbohidratos no estructurales, durante la conservación del forraje (Collins, 1985).

#### **2.11.5. Malezas**

La calidad y cantidad del forraje producido también se ve afectada por la presencia de malas hierbas, provocando que el análisis aparezca menor cantidad de proteína en el forraje e incrementado la fibra cruda. El uso de los alfalfares, algunas veces dedicados al pastoreo directo, el uso indiscriminado (sobre pastoreo), el empleo de semilla de mala calidad, son factores que han contribuido que en el cultivo proliferen diversas malezas y que en determinados sectores constituyen un factor limitante de la vida del alfalfar, lo mismo disminuye la producción (Tocagni, 1980). Sin embargo, Pescken y Darwent (1988), evaluaron el efecto que causa la maleza Crepis tectorum L., sobre el cultivo de la alfalfa y no fue de gran significancia.

#### **2.11.6. Plagas y enfermedades**

La alfalfa es atacada todo el año, ya sea por algún insecto o alguna enfermedad, las cuales repercuten directamente sobre la producción del alfalfar, causando daños de importancia económica por que provocan una disminución en el rendimiento, calidad y reducen la longevidad del cultivo (Castro, 1982; Salinas, 1988).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del área de estudio

El presente trabajo se llevo a cabo en el predio “El Llano” localizado en el municipio de Tula de Allende, propiedad del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el Estado de Hidalgo y que pertenece al Distrito de Riego 03, el cual es irrigado con aguas negras. A una altitud de 2,076 m.s.n.m; en las coordenadas 20<sup>0</sup> 5' 27" Latitud Norte y 99<sup>0</sup> 18' 2" Longitud Oeste. (INIFAP, 2007).

Tiene un clima templado y frío cuya formula es BS<sub>1</sub>Kw (1') gw, con un periodo de lluvias de mayo a septiembre, con una temperatura media anual de 15 °C y una precipitación pluvial media anual de 569 mm. (García, 1988).

Esta región presenta un suelo vertisol pelico, terciario, cuaternario y mesozoico, de tipo semidesértico de color oscuro y rico en materia orgánica, nutrientes y con una profundidad superior a los 100 cm.

#### 3.2. Tratamientos

Se evaluaron un total de 7 variedades de alfalfa (Alta verde, Excelente, Júpiter, Pioneer 58N57, Maya, San Miguelito y Cuf 101), seleccionadas con base en sus características agronómicas, tradición de uso y disponibilidad en el mercado. Se estableció una superficie total de 2.3 Has, correspondiéndole a cada una un área de 0.33 ha.

#### 3.3. Duración del trabajo

La duración del estudio fue de 2 años iniciándose con el establecimiento el 5 de febrero del 2005, finalizando el 30 de junio del 2007.

### **3.4. Descripción del Experimento**

#### **3.4.1. Preparación del terreno**

Se realizaron una serie de labores culturales previas al establecimiento, dando inicio con un paso de rastra, seguida de un barbecho, posteriormente otro paso de rastra, después el despaste y finalmente la nivelación del terreno. Todo esto con la finalidad de garantizar un aceptable porcentaje de germinación y un pleno desarrollo de las plantas y facilitar labores de cultivo posteriores a la siembra para romper el ciclo biológico de malezas e insectos-plagas.

#### **3.4.2. Siembra**

La siembra de las variedades se llevo a cabo el 11 de febrero del 2005 con una densidad de 50 kg de semilla/ha. Esta se realizó con una sembradora manual (voleadora) para asegurar una buena distribución y densidad de plantas desde el momento de la emergencia.

#### **3.4.3. Fertilización**

A la siembra se aplicó una fertilización a base de 100 kg de urea y 250 kg/ha de fosfotato diamónico. Fraccionado para agregarse esta última en la cantidad de 150 kg/ha en periodos de seis meses durante la duración del trabajo (INIFAP, 1997).

#### **3.4.4. Control de malezas**

Esta se realizó mediante la siembra de semillas libres de cualquier parte reproductiva de malas hierbas, así como de una buena preparación del terreno. Por otro lado a los 45 y 100 días de edad del cultivo se llevo a cabo una aplicación de PIVOT (Imazethapyr) como parte de su control químico.

### **3.4.5. Riegos**

El primer riego se hizo inmediatamente después a la siembra, el cual fue lento, ligero y de día para evitar que el agua arrastrara las semillas; el segundo se realizó a los ocho días, el cual fue de forma ligera con la finalidad de romper la costra superficial, permitiendo que las plántulas emergieran con mayor facilidad. El tercero a los 30 días posteriores al segundo; mientras que los riegos posteriores fueron en promedio cada 30 días, cabe mencionar que el método fue rodado por inundación de melgas.

### **3.4.6. Corte**

Los cortes se realizaron en promedio cada 30-35 días, donde fue posible obtener un total 15 cortes. Para la determinación de la cosecha de forraje en cada corte se consideró la altura de la planta, el porcentaje de floración (5-10 %) y el tamaño del nuevo rebrote.

### **3.4.7. Control de plagas**

Como una medida práctica para el control de plagas (pulgón verde y manchado), consistió en realizar cortes prematuros, debido a que así se redujo su proliferación, además se aplicaron insecticidas como Dimetoato CE 38, Rogor y Foley a una dosis de 1.0 lt/ha.

## **3.5. Variables evaluadas**

### **3.5.1. Rendimiento de forraje en materia seca (RFMS)**

Esta se determinó con la toma de 10 muestras de forraje verde con la ayuda de un cuadrante metálico de 50 x 50 cm por parcela, ubicadas estas al azar. De las muestras de forraje verde, se tomaron dos muestras de 500 gramos pesadas en

campo para la determinación de materia seca, donde dichas muestras fueron secadas en una estufa a una temperatura de 55 °C durante 76 horas, para reportarse en kilogramos de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>).

### **3.5.2. Determinación de la relación tallo:hoja, estimado en % del rendimiento de forraje en materia seca (RFMS)**

De las muestras de forraje obtenidas en campo para cada parcela validada, se tomaron 2 muestras de 200 gramos de forraje, de las cuales se separaron las hojas de los tallos; se pesaron y posteriormente fueron secadas en la estufa a una temperatura de 55 °C, para estimar el rendimiento de materia seca por tallo y hoja, para registrarse en kilogramos de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>).

### **3.5.3. Estimación de proteína cruda, fibra cruda, calcio y fósforo**

De las dos muestras de forraje de 500 gramos que se utilizaron para la determinación del porcentaje de materia seca para cada parcela, una de ellas fue enviada al Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del INIFAP para estimar su respectivo análisis proximal.

## **3.6. Análisis estadístico**

Las variables estudiadas fueron el rendimiento de forraje en materia seca (RFMS), determinación de la relación tallo:holla, estimado en % del RFMS, además el porcentaje de proteína cruda (% PC), fibra cruda (% FC), calcio (% Ca) y fósforo (% P).

La información se analizó con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2001). Para una mayor precisión en el análisis la información generada de un total de 15 cortes de muestreo, se agruparon en cuatro estaciones de corte (primavera, verano, otoño e invierno). Donde todos los modelos incluyeron los

efectos fijos de variedad y estación de corte.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + Var_i + Est_j + \xi_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta (RFMS, % RFMS, PC, FC, P y Ca)

$\mu$  = Constante general

$Var_i$  = Efecto de la i-ésima variedad (i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)

$Est_j$  = Efecto de la j-ésima estación de corte (j=1, 2, 3, 4)

$\xi_{ijk}$  = Error aleatorio NID (0,  $\sigma^2_e$ )

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la significancia estadística en el análisis de las características estudiadas se muestran en los Cuadros 4 y 5.

Cuadro 4. Efectos considerados, grados de libertad y sus cuadrados medios, para el rendimiento de forraje en el Valle del Mezquital, Hidalgo.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Características		
		RFMS	% RFMS	
			Tallo	Hoja
Variedad	6	11139.8	24008.9	9914.7
Estación de corte	3	1058158.3**	879532.3**	879532.3**
Error	95	273310.4	68305.8	68305.8

RFMS= Rendimiento de forraje en materia seca; % RFMS= Determinación de la relación tallo:hoja, estimada en % del RFMS.

\*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$

Cuadro 5. Efectos considerados, grados de libertad y sus cuadrados medios, para la calidad nutritiva de forraje de alfalfa en el Valle del Mezquital, Hidalgo.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Características			
		% PC	% FC	% P	% Ca
Variedad	6	9.965	15.578	0.005*	0.595**
Estación de corte	3	109.474**	221.227**	0.005**	1.1361**
Error	95	7.867	11.921	0.001	0.0967

%PC=porcentaje de proteína cruda; %FC= porcentaje de fibra cruda; %P= porcentaje de fósforo; %Ca=porcentaje de calcio. \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$

#### 4.1. Efecto de la variedad

Para RFMS, no se registraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre variedades (Cuadro 6). Sin embargo, Meza, (2000) en una evaluación de seis variedades de alfalfa en el municipio de Ixmiquilpan, encontró resultados diferentes, ya que en promedio estuvieron en un rango de 3,100 a 3,666 Kg MS ha<sup>-1</sup>. Otros resultados con esta misma tendencia fueron encontrados por Cantú (1989), con un rendimiento promedio para el segundo año de 1,500 a 2,600 Kg MS ha<sup>-1</sup>.

La variedad de Alta Verde, fue la que mostró los valores máximos (2011.10<sup>a</sup> Kg MS ha<sup>-1</sup>), mientras que el menor rendimiento la obtuvo la variedad Cuf 101 con un valor de 1,930.12 Kg MS ha<sup>-1</sup> (Cuadro 6).

Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos del rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en el Valle del Mezquital, Hidalgo.

Variedad	Características		
	RFMS Kg MS ha <sup>-1</sup>	% RFMS	
		Tallo	Hoja
Alta Verde	2011.103 <sup>a</sup>	46.65 <sup>a</sup>	53.35 <sup>a</sup>
Cuf 101	1930.128 <sup>a</sup>	47.40 <sup>a</sup>	52.60 <sup>a</sup>
Excelente	1984.779 <sup>a</sup>	44.27 <sup>a</sup>	55.73 <sup>a</sup>
Júpiter	1975.485 <sup>a</sup>	44.81 <sup>a</sup>	55.19 <sup>a</sup>
Maya	1957.135 <sup>a</sup>	47.25 <sup>a</sup>	52.75 <sup>a</sup>
Pioneer 58N57	1959.033 <sup>a</sup>	44.62 <sup>a</sup>	55.38 <sup>a</sup>
San Miguelito	1942.213 <sup>a</sup>	52.63 <sup>a</sup>	47.37 <sup>a</sup>

RFMS= Rendimiento de forraje en materia seca; % RFMS= Determinación de la relación tallo:hoja, estimada en % del RFMS.

<sup>a, b</sup>: medias con literales distintas por columna son diferentes ( $p>0.05$ ).

Para el % RFMS en el tallo (Cuadro 6), no se observaron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre variedades. Sin embargo, la variedad San Miguelito fue la que mostró la mayor cantidad (52.63%); mientras que en la variedad Excelente se registró el menor valor (44.27%). Con respecto al % RFMS en hoja, de la misma manera no hubo diferencia significativa ( $p>0.05$ ) entre variedades. Sin embargo, la variedad San Miguelito fue la que registró el menor porcentaje del rendimiento de materia seca (47.37%). Por otro lado el resto de las variedades registraron valores superiores, los cuales fueron (55.19, 52.69, 52.75, 53.35, 55.73 y 55.38 %), respectivamente para Júpiter, Cuf 101, Maya, Alta verde, Excelente y Pioneer 58N57. Las variedades que presentaron la mejor relación tallo:hoja, fueron Cuf 101 y Maya (47.40:42.60 y 47.27:52.75 %), respectivamente. Cabe mencionar que el aumento o la disminución de la relación tallo:hoja depende de la presencia de varios factores como las plagas, enfermedades, la variedad, madurez de la planta y época del año.

Cuadro 7. Medias de cuadrados mínimos de la calidad nutritiva de variedades de alfalfa en el Valle del Mezquital, Hidalgo.

Variedad	Características			
	% PC	% FC	% P	% Ca
Alta Verde	26.316 <sup>a</sup>	18.785 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>	1.79 <sup>a</sup>
Cuf 101	25.769 <sup>a</sup>	21.115 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>	1.99 <sup>ab</sup>
Excelente	26.529 <sup>a</sup>	19.720 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>	1.80 <sup>a</sup>
Júpiter	25.915 <sup>a</sup>	21.505 <sup>a</sup>	0.36 <sup>ab</sup>	1.86 <sup>a</sup>
Maya	26.045 <sup>a</sup>	21.358 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	1.69 <sup>ac</sup>
Pioneer 58N57	24.556 <sup>a</sup>	20.293 <sup>a</sup>	0.37 <sup>ac</sup>	1.92 <sup>a</sup>
San Miguelito	24.496 <sup>a</sup>	19.678 <sup>a</sup>	0.39 <sup>bc</sup>	2.30 <sup>bcd</sup>

% PC= porcentaje de proteína cruda; % FC= porcentaje de fibra cruda; % P= porcentaje de fósforo; % Ca= porcentaje de Calcio.

a, b, c, d: medias con literales distintas por columna son diferentes ( $p<0.01$ ), ( $p<0.05$ )

Para el % PC, no se encontraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre variedades (Cuadro 7). Sin embargo, la variedad Excelente fue la que mostró el valor

más alto (26.52 %), seguida de las variedades Alta verde, Maya, Júpiter, Cuf 101, Pioneer 58N57 y San Miguelito. Resultados similares en la evaluación de 11 variedades en el Estado de Hidalgo fueron encontrados por Maldonado y Méndez (1983). Sin embargo, Barajas y Tapia (1991), reportaron promedios diferentes que fluctuaron entre 21.03 y 21.59 %.

En lo que respecta al % FC, también no se registraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre variedades (Cuadro 7) siendo que los valores se encuentran en rangos muy similares que van de 18.78<sup>a</sup> hasta 21.50<sup>a</sup> %. Para el % P se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre variedades. La variedad San Miguelito fue la que presentó mayor valor (0.39<sup>bc</sup> %), sin presentar diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) con la Pioneer 58N57; pero si con respecto al resto de las variedades.

Para % Ca, también se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre variedades, donde la San Miguelito fue la que registró el mejor porcentaje de Ca con un valor de 2.30 %, seguida de las variedades Cuf 101, Pioneer 58N57, Júpiter, Excelente, Alta verde y Maya (Cuadro 7). Cabe hacer mención que esta última registró el menor % Ca con una diferencia del 26.53 % con respecto a la del mayor comportamiento.

#### **4.2. Efecto de la estación de corte**

La estación de corte influyó de manera significativa ( $p < 0.01$ ) en el RFMS, donde el mayor valor se observó en el verano ( $2,292.2 \pm 114.0^b$  Kg MS ha<sup>-1</sup>), mientras que en el invierno se registró el menor valor ( $1,871.0 \pm 98.7^a$  Kg MS ha<sup>-1</sup>), registrándose una diferencia entre estas dos estaciones de corte de un 18.37 % en su rendimiento (Cuadro 8). Resultados con la misma tendencia fueron encontrados por Rivas *et al.* (2005) en un estudio de 5 variedades de alfalfa en Montecillo, Estado de México, donde se encontró una superioridad del 37.76 % en RFMS del verano con respecto al invierno. Por otro lado, estos resultados coinciden con los reportados

por Maldonado y Méndez (1983), donde la máxima producción la obtuvieron en verano; esto se atribuye básicamente a que en esta estación se encuentran las mejores condiciones climáticas para su producción.

Cuadro 8. Medias de cuadrados mínimos  $\pm$  error estándar del rendimiento de forraje de alfalfa, en diferentes estaciones de corte, en el Valle del Mezquital, Hidalgo.

Estación de corte	Características		
	RFMS Kg MS ha <sup>-1</sup>	% RFMS	
		Tallo	Hoja
Invierno	1871.02 $\pm$ 98.79 <sup>a</sup>	43.00 <sup>a</sup>	47.00 <sup>a</sup>
Otoño	1858.82 $\pm$ 88.36 <sup>a</sup>	48.50 <sup>ab</sup>	51.50 <sup>b</sup>
Primavera	1840.66 $\pm$ 114.08 <sup>a</sup>	39.40 <sup>a</sup>	60.60 <sup>c</sup>
Verano	2292.28 $\pm$ 114.08 <sup>b</sup>	57.67 <sup>b</sup>	43.32 <sup>a</sup>

RFMS= Rendimiento de forraje de materia seca; % RFMS= Determinación de la relación tallo:hoja, estimada en % del RFMS.

<sup>a, b, c</sup>: medias con literales distintas por columna son diferentes ( $p < 0.01$ ), ( $p < 0.05$ )

Para el % RFMS en tallo se registraron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) entre estaciones de corte (Cuadro 8), donde el mayor valor expresado se registró en el Otoño (48.50 %), con respecto a la primavera (39.40 %). Sin embargo, Sánchez en 1999, en un estudio realizado en Chapingo, registró resultados ligeramente por debajo de los obtenidos en el presente trabajo. También se observó un efecto significativo de la estación de corte sobre el % RFMS en hoja, donde en la Primavera se registró la mayor producción (60.60%), mientras que en el invierno se presentó el menor rendimiento (47.00 %). Las mejores relaciones de rendimiento de tallo:hoja se presentaron de manera constante en las estaciones de invierno, otoño y verano, como porcentajes del total del RFMS, donde los valores fueron de 43.00:47.00, 48.50:51.50 y 52.52:47.32, respectivamente.

Cuadro 9. Medias de cuadrados mínimos  $\pm$  error estándar, de la calidad nutritiva del forraje de alfalfa, en diferentes estaciones de corte, en el Valle del Mezquital, Hidalgo.

Estación de corte	Características			
	% PC	% FC	% P	% Ca
Invierno	26.03 $\pm$ 0.53 <sup>a</sup>	17.54 $\pm$ 0.65 <sup>a</sup>	0.33 $\pm$ 0.008 <sup>a</sup>	2.11 $\pm$ 0.058 <sup>a</sup>
Otoño	26.83 $\pm$ 0.47 <sup>a</sup>	20.53 $\pm$ 0.58 <sup>bd</sup>	0.40 $\pm$ 0.007 <sup>b</sup>	1.67 $\pm$ 0.052 <sup>b</sup>
Primavera	27.35 $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	18.69 $\pm$ 0.75 <sup>ad</sup>	0.37 $\pm$ 0.009 <sup>c</sup>	1.94 $\pm$ 0.067 <sup>ad</sup>
Verano	22.42 $\pm$ 0.61 <sup>b</sup>	24.63 $\pm$ 0.75 <sup>c</sup>	0.34 $\pm$ 0.009 <sup>a</sup>	1.93 $\pm$ 0.067 <sup>cd</sup>

% PC= Porcentaje de proteína cruda; % FC= porcentaje de fibra cruda; % P= porcentaje de fósforo; % Ca= porcentaje de calcio

<sup>a, b, c, d</sup>: medias con literales distintas por columna son diferentes ( $p < 0.01$ ), ( $p < 0.05$ )

La estación de corte tuvo un efecto significativo ( $p < 0.01$ ) sobre el % PC. En la Primavera, Otoño e Invierno, los valores fueron de 27.35  $\pm$  0.61<sup>a</sup>, 26.83  $\pm$  0.47<sup>a</sup> y 26.0  $\pm$  0.53<sup>a</sup> %, sin observar diferencias entre ellos (cuadro 9); pero si de estos con respecto al % PC observado en el Verano (22.42  $\pm$  0.61<sup>b</sup> %). Sin embargo, resultados diferentes fueron registrados por Moreno y Molina (1994), en Tepetitlan, Hidalgo; donde en el Invierno se presentó el mayor % PC y en el verano el menor, respectivamente. Por otro lado, del Pozo (1983), menciona que el forraje es de óptima calidad en la primavera con niveles máximos de proteína, donde esto coincide con los resultados obtenidos.

Para el % FC, también se registraron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) entre estaciones de corte, donde en el verano se observó el mayor valor (24.63  $\pm$  0.75<sup>c</sup> %), mientras que en el Invierno se registró el contenido de FC más bajo (17.54  $\pm$  0.65<sup>a</sup>). También se registraron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) para el % P en las diferentes estaciones de corte, donde los valores fueron de 0.33  $\pm$  0.008<sup>a</sup>, 0.40  $\pm$  0.007<sup>b</sup> y 0.34  $\pm$  0.009<sup>a</sup> % respectivamente, para el invierno, otoño, primavera y verano.

Para el % Ca de la misma manera se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) entre las estaciones de corte; ya que en el invierno se registró el mayor contenido ( $2.11 \pm 0.058^a$  %), con respecto a los encontrados en la primavera, verano y otoño (Cuadro 9).

## V. CONCLUSIONES

Bajo las mismas condiciones climáticas, edáficas y el mismo manejo para todas las variedades de alfalfa durante el periodo de estudio se concluye que:

- 1) El efecto de variedad no tuvo efecto significativo sobre el RFMS, sin embargo, la variedad Alta verde fue la que mostró el mejor comportamiento para esta característica.
- 2) En verano se registró el mejor comportamiento productivo para el RFMS, mientras que en el invierno hubo una tendencia a la baja.
- 3) Para el % P y % Ca, se vieron influenciadas por la variedad; donde la San Miguelito, registró el mejor comportamiento.
- 4) Para el % PC, % FC, % P y % Ca, se vieron influenciadas por la estación de corte, donde en la primavera se registró el mayor % PC.

## VI. RECOMENDACIONES

- a) Realizar trabajos sobre mejoramiento genético para la obtención de variedades aptas a la región del Valle del Mezquital, irrigadas bajo condiciones de aguas negras.
- b) Realizar investigaciones para la producción de semilla de alfalfa.
- c) Realizar estudios sobre metales pesados en el cultivo de alfalfa irrigado bajo condiciones de aguas negras y su impacto en la alimentación animal.
- d) Diversificar el aprovechamiento del cultivo de alfalfa, con la finalidad de darle un valor agregado, considerando investigaciones sobre la inocuidad del cultivo.

## VII. LITERATURA CITADA

- Álvarez, F. G. y López, O. R. 1992. Rendimiento agronómico, Digestibilidad (in Vitro) y Contenido de Proteína Cruda de Nueve Variedades de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 75 p.
- Barajas, L.V. y Tapia, N. A. 1991. Producción de Forraje, Digestibilidad y Contenido de Proteína Cruda de Nueve Variedades de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Nazareno, Etlá Oaxaca Chapingo, Méx. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 97 p.
- Belesky, D. P. y Fedders, J. M. 1997. Residue height influences stand dynamics of alfalfa grow on a shallow soil. *Agronomy Journal*. 89:975-980.
- Berg, W. A. 1990. Herbage production and nitrogen acumulation by alfalfa and cocer milkvetch nin the souther plains. *Agron* 82:224-229.
- Bolger, T. P y Matches, A. G. 1990. Crop ecology, production, drive water-use, Efficiency and yield of sainfoin and alfalfa. *Crop J*. 30:143-148.
- Bolton, J. L; Goplen, B. P y Baenziger, H. 1972. World distribution and historical developments. En: *Alfalfa Science and Technology*. Edit. Hanson C.H. American Society of Agronomy. pp: 1-34
- Briseño, H. B. M. y L. Castro A. 1976. Proyectos y subproyectos de alfalfa. Programa de forrajes. INIA-CIAMEC-CEVAMEX. México. 31 p.
- Buller, R. E. y Valdiviesco, G.R. 1957. La Producción de Alfalfa, Variedades y Utilización Forrajera. SAG. Oficina de Estudios Especiales. Folleto de Divulgación. 57 p.

- Castro, A. L. 1980. Informe de trece variedades de alfalfa en los estados de México e Hidalgo. CIAMEX-INIA-SARH. Folleto No. 15. Chapingo, Méx. 16 p.
- Castro, A. L. 1982. Guía para Cultivar la Alfalfa en los Estados de México, Hidalgo, SARH, INIA, CIANE, CEVAMEX. Folleto. 18 p.
- Cantú, B.J.E. 1989. Apuntes de cultivos forrajeros. Departamento Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila.
- Carillo, M. 1975. Alfalfa para el Valle de Mexicali. INIA-CIANO (circular CIANO:78). 14 p.
- CIAMEC. 1978. Determinación de la fecha óptima de siembra en el cultivo de alfalfa. En: proyectos de alfalfa. Campo Agrícola Experimental de Chapingo, Méx. 3 p.
- Collins, M. 1985. Wetting affects on the yield and quality of legume and legume grass hays. Agron. J.77:936-941.
- Collins, M. 1990. Composition and yields of alfalfa fresh forage field cured hay, and pressed forage. Agron. J.82:91-95.
- Cowell, E. K. y M. S. Sprague. 1996. Factor affecting tilleving in alfalfa. Agron J. 54: 294-297.
- Chapman, G. 1992. Grass evolution and domestication. Cambridge University. London. 389 p.
- De la Cruz, C. L., Velasco, V. I y Gutiérrez, G. J. Producción de Forraje de alfalfa, en el estado de Hidalgo. Folleto Técnico No. 5. Junio 2007. 58 p.

- Del Pozo, I. M. 1983. La alfalfa y su aprovechamiento. Ed. Mundiprensa. Madrid. España. 390 p.
- Edmisten, R. L, Wolf, D. D y Lenther, M. 1988. Fall harvest management of alfalfa. I date of fall harvest and legenth of growth period prior to fall. Agron. J. 80:688-693.
- Elliot, F. C. J. Jonson, I. and H. Schotorst, M. 1972. Breeding pior forage yield and quality. En alfalfa Science and Technology. Edit. Hanson C. H. American Society of Agronomy. 319 p.
- Espinoza, C.J.M. y Ramos,G.J.L. 2001. El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo. Folleto para productores Núm. 22. INIFAP. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes.
- García, E. 1998. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Cuarta Edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico, D.F. 217 p.
- Graham, J. H. 1979. A Compendium of Alfalfa Diseases. St. Paul, Minn: American Phytopathological Scociety. 65 p.
- Hanson, C. H. 1980. Ciencia y Tecnología de la Alfalfa. Comp. Por C. H. Hanson. Montevideo, Hemisferio Sur; 2 Vol. 529 p.
- Hughes, H. D. 1975. Forrajes. Ed. CECOSA. 158 p.
- Hughes, H.D. 1986. La ciencia de la agricultura basada en la producción. Ed. CECOSA. México. 407 p.

- Ibarra, A. A. 1982. Guía para cultivar alfalfa en el Valle de México. INIA-CIANO. México.
- INIA-CIAMEC. 1975. Determinación de la densidad óptima de siembra de alfalfa. Programa de forrajes, Tula, Hidalgo. Campo Experimental El Horno. Chapingo, México. 51 p.
- Islas, S.M. 1972. Ensayo de 13 variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en condiciones de temporal en el Valle de Toluca, México. Toluca. México. 41 p.
- Juscafresca, B. 1985. Forrajes, fertilización y valor nutritivo. Segunda Edición. Ed. Ditia Mexicana. 203 p.
- Maldonado U. J y. Méndez J. H. 1993. Rendimiento de Forraje y Proteína en 11 Variedades de Alfalfa en el Estado de Hidalgo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 64 p.
- Martínez, C. E. y Alvarado M. L. E. 1990. Determinación del daño ocasionado por chile de pájaro (*Sisymbrium irio* L.) en el cultivo de alfalfa (2do año). CIAN. Matamoros, Coah. Vol. 13. Resumen. pp: 68-69.
- Metcalf, D. S. y M. Elkins D. 1987. Producción de cosechas, fundamentos y prácticas. Ed. Limusa. México. 981 p.
- Meza N. H. 2000. Informe de Resultados del proyecto Bovinos de Leche. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Pachuca. Pachuca, Hgo. 20 p.
- Meza, C.J. y Navejas, J.J. 2002. Tecnología para producir alfalfa con riego por goteo. INIFAP. México. 33 p.

- Morales A., J. J. L. Jiménez V., V. A. Velasco V., Y. Villegas A., J. R. Enríquez del V., A. Hernández G. 2006. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la Mixteca de Oaxaca (Tesis). Tec. Pec. Méx. 2006; 44(3):277-288.
- Moreno M.J.A, y Molina G.H. 1994. Rendimiento de forraje y proteína cruda de once variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Tepetitlán, Hidalgo. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 51 p.
- Muslera, P. E. y Ratera, G. C. 1984. Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. Ed. Mundi-Prensa. España. 696 p.
- Nass, A. H. A. 1972. Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L) variedad apaseo en un suelo tratado con cuatro insecticidas, fluctuación de las poblaciones de ácaros en este suelo y entre lotes contiguos no tratados. Monterrey, N. L. 104 p.
- Peschken, D. P y Darwend, A. L. 1988. Effect of narrow-leaved hawk's beard (*Crepis tectorum* L) on yield and quality of lucerne hay and seed yield of creeping red fescue weed research; 18:207-213.
- Pimentel, A. O. Ramírez, L. M y Santiago, P. L. 1980. Agenda técnica agrícola de Oaxaca. SARH. Dirección General de Producción y Extensión Agrícola. Banco Nacional de Crédito Rural. Programa coordinado de asistencia técnica. 114 p.
- Ramírez, L. M. 1974. El cultivo de la alfalfa en México. Dirección General de Extensión Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Méx, 24 p.
- Rice, J. S; Quisenberry, V. L y Nolan, T. A. 1989. Alfalfa persistence and yield with irrigation. Agron 1.81:443-946.

- Rivas J, M. A, C, López. C. A. Hernández G., J. Pérez P. 2005. Efecto de tres regimenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago Sativa L.*) Tec. Pec. Méx. 43(1): 79-92.
- Salinas, C.S. y J.M. Urbiola L. 1981. Guía para cultivar alfalfa en Guanajuato. Folleto para productores No. 4. Celaya, Gto., México. 17 p.
- Salinas, C. S. 1988. La alfalfa reina forrajera. Síntesis lechera 3. (9):40 p.
- Salinas, B. M. y Mote, S. V. J 1992. Comportamiento agronómico de doce variedades de alfalfa (*Medicago sativa l.*). En Bermejillo Durango, Chapingo, México. Tesis Profesional Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango, Méx. 78 p.
- Sánchez, T. G. 1999. Comportamiento Productivo de Ocho Variedades de Alfalfa (*Medicago sativa L.*) en Chapingo, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 55 p.
- SARH-INIA, 1981. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del campo agrícola experimental Valle de México. pp: 74-92.
- SARH-INIA, 1983. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del campo agrícola experimental Valles centrales de Oaxaca.
- SAS, 2001. The SAS system for Windows, release 8.2. Institute Incorporation. Cary, NC. USA. 558 p.
- Serrano, S. G. 1973. El cultivo de la alfalfa en el Valle del Fuerte, México: INIA, CIAS (circular CIAS; 45). 12 p.

- SIACON, 2004. Avances. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. ([www.siap.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON\\_2006.html](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON_2006.html) - 9k -).
- SIAP, 2006. Avances de siembras y cosechas riego + temporal. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera ([www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx)).
- Smith, H. L. y G. C. Marten. 1970. Foliar regrowth of alfalfa utilizing <sup>14</sup>C-Labeled carbohydrates stored in roots. *Sci.* 10:146-150.
- Tesar, M. C y Jackobs. 1972. Establishing the stand. In: *Alfalfa Science and Technology*. Edit Hanson Ch. American Society of Agronomy. 435 p.
- Tocagni, H. 1980. *La alfalfa*. Edit. Albatos. Buenos Aires. 141 p.
- Villa, H. A. y Acosta, P. L. 1997. Establecimiento Inicial de Ocho Variedades de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 52 p.