

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
" ANTONIO NARRO "**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**Guía para el Manejo de Praderas de Alfalfa
(*Medicago sativa L.*)**

Por:

Noé Barrera Melgoza

MONOGRAFIA

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre 2005

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
" ANTONIO NARRO "**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**Guía para el Manejo de Praderas de Alfalfa
(*Medicago sativa* L.)**

POR:

NOÉ BARRERA MELGOZA

MONOGRAFIA

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

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobado por:

M.C. Luís Pérez Romero
Presidente

M. C. Myrna Julieta Ayala Ortega
Sinodal

Dr. Juan José López González
Sinodal

Dr. Ramón F. García Castillo
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre 2005

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
GENERALIDADES DE LA ALFALFA	3
Origen e Historia	3
Clasificación Taxonómica	4
Descripción Botánica	4
Distribución Mundial	6
Distribución Nacional	6
CULTIVO	10
Condiciones Ecológicas	11
Temperatura	11
Suelo	13
pH	13
Salinidad	13
Preparación del Terreno	14
Barbecho	15
Rastreo	15
Nivelación	15
Melgueo	15
Surcada	17
Siembra	18
Época de Siembra	20
Densidad de Siembra	21
Inoculación de la Semilla	22
Labores Culturales	24
Riego	24
Fertilización	30
Malezas	34
Insectos Plaga	37
Enfermedades	38

CORTE	41
Juntado (Alomillado)	49
Rendimientos	49
MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE LA ALFALFA	51
Henificado	51
Calidad del Heno	53
Pérdidas de forraje durante el henificado	56
Perdidas por respiración	58
Perdidas durante la manipulación del forraje	58
Perdidas durante el almacenamiento	58
Perdidas por lluvia	60
Prácticas para mejorar el proceso de henificación	60
Empacado	63
Ensilaje	65
Fases de la fermentación en el ensilaje	68
Fase Aeróbica (Respiración)	68
Fase de Transición (Fermentación Enterobacteriana)	68
Fase de Fermentación Láctica	68
Fase Estable	69
Calidad del ensilaje.....	71
Uso de Aditivos en el ensilaje	72
Problemas durante el proceso de ensilaje	75
Pellets de Alfalfa	76
Cubos de Alfalfa	78
PASTOREO EN PRADERAS DE ALFALFA	79
ASOCIACIÓN DE ALFALFA CON GRAMÍNEAS	81
VALOR NUTRITIVO DE LA ALFALFA	83
Factores que afectan el Valor Nutritivo de la Alfalfa	87
Estación del Año	87
Variedades	87
Etapa de madurez	88
Método de conservación	90
UTILIZACIÓN DE LA ALFALFA	91
Alimentación de Vacas Lecheras	91
CONCLUSIONES	96
LITERATURA CITADA	99
ANEXOS	103

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Producción nacional de alfalfa verde 2004	8
2	Producción nacional de alfalfa achicalada 2004	9
3	Criterios para determinar el potencial productivo de alfalfa en México	12
4	Longitud de melgas en el establecimiento de alfalfa de acuerdo al tipo de suelo	17
5	Población recomendada en el alfalfar de acuerdo al tiempo de producción	22
6	Evapotranspiración (mm) mensual en el cultivo de alfalfa en la Región Lagunera	26
7	Producción, lámina de riego y eficiencia de la alfalfa con diferentes sistemas de riego	28
8	Cantidad de nutrientes que extrae la alfalfa por tonelada de forraje seco (FS) en la Región Lagunera	31
9	Malezas presentes en el cultivo de la alfalfa en la Región Lagunera	35
10	Plagas que se presentan en Alfalfares de la Región Lagunera	37
11	Corte de acuerdo con el período de crecimiento	43
12	Rendimiento de forraje seco, proteína y materia seca digestible promedio, por corte de alfalfa en diferentes estados de madurez ..	46
13	Efecto de la etapa de corte en el cultivo de alfalfa	47
14	Calidad forrajera promedio de diversas especies (base seca) en los ciclos otoño-invierno 2001-2002 al 2003-2004 y primavera-verano 2002-2004	48
15	Eficiencia productiva de materia seca (kg/ha/día) en forrajes de primavera-verano y de otoño-invierno	50

Cuadro		Pág.
16	Relación de la fase de madurez de la alfalfa en base a por ciento de MS	54
17	Influencia de la fase de floración sobre la palatabilidad del heno de alfalfa irrigada	55
18	Efecto del contenido de humedad en las pérdidas durante el almacenamiento	59
19	Prácticas y beneficios en el henificado de alfalfa (Núñez, 2000) ...	61
20	Tipos de fermentación que pueden ocurrir en el proceso de ensilaje	67
21	Calidad nutritiva de variedades normales y de alta calidad (HQ) de alfalfa	88
22	Calidad nutritiva del heno de alfalfa a diferente estado de desarrollo	89
23	Nutrientes y digestibilidad <i>In vitro</i> de la alfalfa en diferentes estados	90
24	Producción de leche, contenido de grasa y proteína con raciones de heno o ensilado de alfalfa	91
25	Consumo de materia seca, producción de leche, contenido de grasa y proteína en raciones de alfalfa y su mezcla con otros forrajes	95
A1	Contenido de aminoácidos en por ciento de proteína bruta de la parte aérea de la alfalfa	104
A2	Principales minerales presentes en la alfalfa	104
A3	Digestibilidad (%) de la alfalfa en ovinos	104
A4	Precio medio rural (\$/Ton) de alfalfa verde y achicalada 2004.....	105
A5	Inventario nacional de bovino lechero 2003	106
A6	Principales estados productores de leche 2003	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Morfología de un planta de alfalfa	6
2	Regiones con potencial alto y medio de producción de alfalfa en México	7
3	Relación entre la temperatura y el rendimiento de MS de la alfalfa en los dos primeros años de producción en México	12
4	Alfalfa sembrada en melgas	16
5	Efecto de la profundidad de siembra sobre la emergencia de plántulas de alfalfa, de acuerdo con la textura del suelo	19
6	Semilla de alfalfa	21
7	Diferencia entre melgas de alfalfa inoculada y sin inocular	23
8	Consumo de agua en el cultivo de alfalfa en la Región Lagunera ..	26
9	Riego en alfalfa	29
10	Momento y altura del corte de acuerdo al rebrote	43
11	Corte de alfalfa	44
12	Rendimientos mensuales de forraje seco por corte de alfalfa	45
13	Rollo de heno de alfalfa	52
14	Paca de alfalfa	63
15	Fases de la fermentación durante el ensilaje	69
16	Pellets de alfalfa	78
17	Cubos de alfalfa	79
18	Vacas en pastoreo en una pradera de alfalfa	80
19	Relación entre el contenido de FDN y digestibilidad verdadera <i>In vitro</i> de la alfalfa	84

Figura		Pág.
20	Relación entre el FDA y la ENL de la alfalfa en la Región Lagunera	86
21	Vacas lecheras alimentadas con heno de alfalfa	94

x

INTRODUCCIÓN

La ganadería del país, proveedora de los alimentos y materias primas de origen animal, ocupa una superficie de alrededor del 60 por ciento del territorio nacional, especialmente el sector pecuario que fomenta el desarrollo agrícola, mediante el consumo de forrajes y granos. Así mismo la producción bovina en México ha representado una de las principales actividades del sector agropecuario del país, por la contribución que realiza a la oferta de productos cárnicos, donde las exportaciones de ganado en pie son su principal rubro.

En cuanto a la producción de leche de bovino, es una de las ramas de la ganadería de mayor relevancia a nivel nacional, ya que no solo se le confiere un alto valor por el tipo de alimento que aporta, sino que juega un papel fundamental dentro de la economía del sector primario e industrial, además de presentar el mayor potencial de expansión a fin de sustituir el importante componente de abasto procedente del exterior.

La tecnificación en los procesos de producción de leche, ha implicado la aplicación de nuevos sistemas de alimentación sustentados en forrajes de corte para consumo directo o para su conservación, además de granos forrajeros y pastas oleaginosas. Recientemente, ante las crisis de desabasto de forraje para el ganado en las propias unidades de producción, se ha considerado la necesidad de la producción de forraje en las mismas unidades ganaderas.

La alfalfa es la planta forrajera en que se apoya gran parte de la alimentación de la ganadería, de las más importantes cuencas lecheras del país, por lo cual su cultivo se ha hecho

popular entre los agricultores y ganaderos de varias regiones. La importancia que representa para los productores se ve reflejada en el incremento de sus explotaciones pecuarias.

La industria lechera en México se ha desarrollado en gran escala, de tal forma, que ahora se tiene el problema de abastecer de forraje de calidad para sostener su ritmo de producción y crecimiento. La alfalfa presenta alternativas de solución, pues es un cultivo que se adapta y posee alta capacidad productiva.

La alfalfa se utiliza principalmente para la alimentación del ganado bovino lechero y para la elaboración de alimentos concentrados para aves, caballos y cerdos, debido a su alta producción y a su excelente calidad forrajera. Este cultivo ofrece grandes ventajas, como su alta producción de forraje todo el año, alta calidad de nutrientes, excelente aceptación por parte del ganado, facilidad de manejo y por último, fija en el suelo grandes cantidades de nitrógeno atmosférico, mejorando la estructura del mismo, con lo cual ayuda a su mejor aireación y drenaje.

Objetivos

- El propósito de esta investigación es proporcionar información adecuada y actualizada, sobre las generalidades del cultivo de la alfalfa.
- Así como señalar los principales métodos de aprovechamiento y procedimientos de conservación.

REVISIÓN DE LITERATURA

GENERALIDADES DE LA ALFALFA

Origen e Historia

Se cree que la alfalfa es nativa de Asia, de una región comprendida entre Mesopotamia, Persia, Turkestán y Siberia. Su probable centro de origen el Asia Occidental o Asia Central, las regiones montañosas de la India, el Asia Menor y Transcaucasia.

Varios autores indican que la alfalfa fue llevada a Grecia por los persas en el año 490 a. de c., y que fue usada por los romanos en su conquista a Grecia como alimento para sus caballos y llevada a Italia en el año 146 a. de c.

Los griegos la llamaban “Medike” y los romanos “Hierba Médica” debido a su origen meda persa. En Europa se conoció como Lucerne, por cultivarse con éxito en Lucerna, al norte de Italia. Los árabes la llamaron “Alfafacah” que significa el mejor forraje.

De Italia se extendió a otros países europeos, los conquistadores hispanos se encargaron de traerla a América, siendo México, Perú, y Chile los países donde primero se cultivo. Posteriormente, en 1854, fue llevada a Norteamérica, a los Estados de California, Nuevo México y Arizona. (Robles, 1981).

Clasificación Taxonómica

Cantú, citado por Martínez (1993) menciona la siguiente clasificación taxonómica para esta especie:

Reino: Vegetal.
 División: Tracheophita.
 Subdivisión: Pterosida.
 Clase: Angiospermae.
 Subclase: Dicotiledoneae.
 Familia: Leguminoseae.
 Subfamilia: Papiloneaceae.
 Tribu: Trifoliada.
 Genero: Medicago.
 Especie: Sativa.
 Nombre Científico: *Medicago sativa* L.

Descripción Botánica

Morfología General

Según Robles (1981) la descripción morfológica de la alfalfa es la siguiente:

Raíz

La raíz de la alfalfa penetra más que la de ninguna otra herbácea cultivada. Las plantas nuevas desarrollan una raíz principal pivotante que penetra rápidamente, llegando a profundidades de 1.5 a dos metros durante su primera estación de crecimiento.

Desarrollan unas pocas raíces secundarias en los primeros centímetros de suelo, pero estas raíces, en vez de extenderse lateralmente, penetran a mayor profundidad para que finalmente sigan un curso paralelo a la raíz principal.

Hojas

Las hojas son trifoliadas, de filotaxia alterna.

Tallo

Tiene tallos herbáceos, delgados, erectos y muy ramificados, de 60 a 90 cm de altura. Puede haber de cinco a 25 o más tallos por planta que nacen de una corona leñosa, de la que brotan nuevos tallos, cuando los viejos maduran o se cortan.

Flores

Son libres y pequeñas localizadas en densos racimos axilares; usualmente son moradas, pero algunas veces amarillas según la variedad.

Fruto

El fruto maduro es una vaina curvada de color café con tres o cinco espirales, cada vaina lleva varias semillas.

Semillas

Son ovaladas, de aspecto de riñón, con una cicatriz en una depresión ancha cerca de un extremo en las semillas ovaladas o en una incisión bien definida, cerca de la mitad en las

semillas en forma de riñón; su color es amarillo verdoso a café claro y con longitud de 1.5 mm o más.

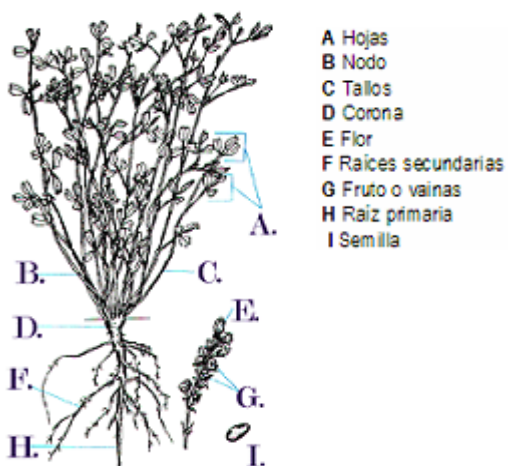


Figura 1. Morfología de una planta de alfalfa.

Distribución Mundial

Se trata de un cultivo muy extendido en los países de clima templado. La importancia del cultivo de la alfalfa va desde su interés como fuente natural de proteínas, fibra, vitaminas y minerales; así como su contribución paisajística y su utilidad como cultivo conservacionista de la fauna. Además de la importante reducción energética que supone la fijación simbiótica del nitrógeno para el propio cultivo y para los siguientes en las rotaciones de las que forma parte.

Es una especie distribuida extensamente en las zonas templadas del mundo, Estados Unidos de América, Canadá meridional, Europa, China, América Latina meridional y Sudáfrica (FAO, 2005).

Distribución Nacional

Según Santamaría *et al.* (2000) la alfalfa se introdujo a la región del centro de México durante la conquista española, de donde se extendió a lo que son ahora los estados de Hidalgo,

Puebla, Guanajuato, Jalisco y Michoacán. Actualmente, la alfalfa se cultiva desde el norte hasta algunas partes altas en el sureste del país (Figura 2, Cuadros 1 y 2).

Principales Estados Productores de Alfalfa (SAGARPA, 2000).

- Guanajuato
- Hidalgo
- Estado de México
- Baja California
- Durango
- San Luis Potosí
- Coahuila
- Aguascalientes
- Puebla
- Jalisco



Figura 2. Regiones con potencial alto y medio de producción de alfalfa en México. (Santamaría *et al.*, 2000).

CULTIVO

La alfalfa es la principal especie forrajera que se cultiva en todo el mundo. En las condiciones actuales de los sistemas de producción agropecuaria y la disponibilidad de equipo para la cosecha de forrajes, no es posible considerar alguna especie con las características nutritivas como las que tiene la alfalfa; sin embargo, es notorio el manejo empírico del cultivo por parte de los productores, lo cual reduce la productividad, calidad del forraje y longevidad del alfalfar.

Según Urbiola (1979), la alfalfa ofrece muchas ventajas para el productor entre las que pueden mencionarse:

- Alta calidad forrajera por sus altos porcentajes de digestibilidad y nutrientes; y por el excelente consumo por los animales.
- Facilidad de manejo, mecanización de siembra y principalmente de su cosecha.
- Bajos requerimientos de insumos como fertilizantes nitrogenados.
- Fija grandes cantidades de nitrógeno del aire en los terrenos donde se siembra.
- Mejora la estructura de los suelos con lo que ayuda a su aireación y buen drenaje.
- Resiste bien la salinidad y alcalinidad de algunos suelos.

Las posibles desventajas que se pueden señalar son:

- Baja eficiencia en el uso del agua en relación con los pastos.
- Puede causar timpanismo, siendo esto un limitante para su uso en pastoreo.

- Existen numerosas enfermedades y plagas que la atacan existiendo entre variedades diversos grados de susceptibilidad.
- Su producción en la época invernal se abate, principalmente en las variedades con dormancia.

Condiciones Ecológicas

El potencial productivo de la alfalfa en una región es función de la interacción de factores climáticos y edáficos, con las características fisiológicas de esta especie de planta, como se puede observar en el Cuadro 3. La altitud y latitud de los lugares se asocia a patrones de clima como radiación solar, horas de insolación y temperatura; sin embargo, la latitud y altitud no están directamente asociadas al potencial productivo de la alfalfa en México. Según Cantú (1985), la alfalfa prospera desde el nivel del mar hasta 2440 msnm.

Temperatura

El principal factor climático que determina el potencial productivo de la alfalfa en México es la temperatura media anual. Los lugares con mayor potencial productivo en nuestro país, para la alfalfa son los que presentan temperaturas medias anuales alrededor de los 19 °C.

Las áreas de alto potencial productivo para la alfalfa en el país, se ubican en ambientes subtropicales semicálidos donde la temperatura media anual es de 18 a 22 °C. En ambientes templados, el potencial productivo de la alfalfa se reduce a medida que disminuye la temperatura media anual. En el caso de los ambientes cálidos, las zonas para la producción de la alfalfa se restringen principalmente a lugares con temperaturas medias anuales menores de 22.5 °C. como se indica en la Figura 3.

Cuadro 3. Criterios para determinar el potencial productivo de la alfalfa en México (Santamaría *et al.*, 2000).

Variable	Bajo	Mediano	Alto
Pendiente %	>5	2-5	0-2
Temperatura anual °C	<12.5 - >22.5	<14.5 - >12.5	14.5-22.5
Textura del suelo	Arenosa Arcillosa	Areno-arcillosa Limo-arenosa Limo-arcillosa Arcillo-arenosa	Franco-arcillo-arenosa Franco-arcillosa Franco-arenosa
Profundidad del suelo (metros)	<0.5	>0.5 - <1	>1
pH	<5.8 - >8.5	5.8-6.5 7.5-8.5	6.5-7.5
Conductividad eléctrica (dS/m)	>4	2-4	0-2
Potencial máximo de rendimiento de MS ton/ha (en los 2 primeros años de producción)	<35	>35 - <45	46-60

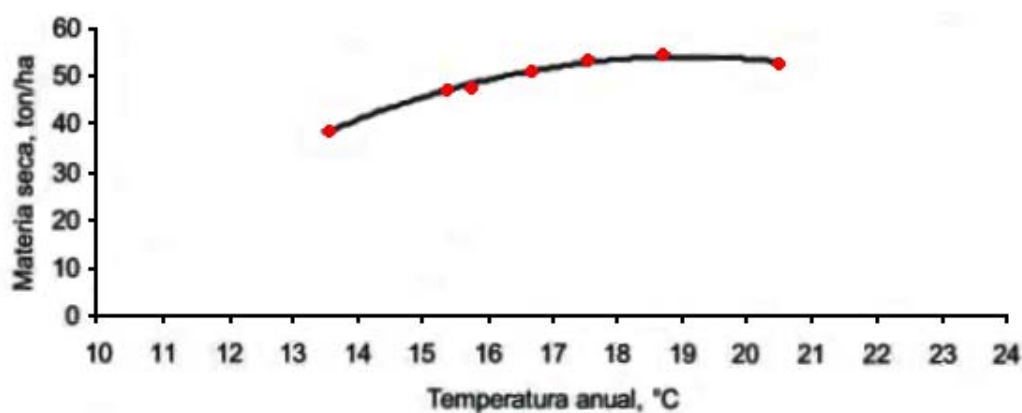


Figura 3. Relación entre la temperatura y el rendimiento de MS de la alfalfa en los dos primeros años de producción en México (Santamaría *et al.*, 2000).

Suelo

Otros factores que determinan el potencial productivo de la alfalfa son las características del suelo. Los mejores suelos son de textura franco arenosa a franco arcillosa y los peores son de textura arenosa o arcillosa.

pH

El pH óptimo del suelo para la producción de alfalfa es de 6.5 a 7.5. Las siembras se deben evitar cuando los valores son menores de 5.8 ó mayores de 8.5. En suelos alcalinos con altos contenidos de carbonatos, es importante considerar que se pueden tener problemas de fósforo y micro elementos como el fierro, cobre y zinc, que pueden provocar deficiencias en las plantas. En suelos con alto porcentaje de sodio intercambiable (7-15) se deben rehabilitar mediante la utilización de mejoradores de suelo. Los suelos con un contenido de boro de dos a seis ppm no se deben seleccionar para la siembra de alfalfa.

Salinidad

La salinidad es otro aspecto edáfico importante que afecta la producción de la alfalfa. Esta se considera como un cultivo moderadamente sensible a la salinidad. Varios autores señalan que existen reducciones en el rendimiento de la alfalfa cuando la conductividad eléctrica es superior a dos decisiems por metro (dS/m). Se ha observado que a niveles de 7-8 dS/m, el rendimiento de la alfalfa disminuye en 50 por ciento.

En el noreste de Chihuahua, noroeste de Sonora, norte de Coahuila, Región Lagunera, Aguascalientes, Jalisco, Hidalgo y Guanajuato se tienen problemas de salinidad que limitan el potencial productivo de la alfalfa (Santamaría *et al.*, 2000).

Preparación del Terreno

Para tener un desarrollo óptimo la alfalfa requiere de suelos profundos, ya que su sistema radicular se puede desarrollar hasta una profundidad de seis o más metros, característica que brinda una buena tolerancia a la sequía. El suelo debe tener una alta capacidad de retención de humedad pero también un excelente drenaje y estar libre de capas compactas.

Para un adecuado establecimiento de la alfalfa, se requiere una buena preparación del terreno o cama de siembra. Para la preparación del terreno usualmente se requiere de un barbecho, un rastreo y nivelación (tradicional) del suelo. De ser necesario, previo al barbecho se puede dar un paso de subsuelo para romper capas compactas de suelo que pudieran estar presentes. Lo importante es llegar a tener una cama de siembra libre de terrones, con un terreno firme y nivelado de acuerdo al sistema de riego que se vaya a utilizar. Es importante no trabajar el terreno en exceso, ya que un terreno pulverizado puede limitar la emergencia de las plántulas. Si el historial del terreno sugiere posibles problemas con maleza, se debe aplicar un tratamiento con herbicidas pre-emergentes.

Se ha reportado que en la alfalfa existe autotoxicidad o alelopatía cuando se siembra en el mismo terreno inmediatamente después de que se elimina un alfalfar viejo. Este fenómeno se debe a la liberación de compuestos tóxicos durante la descomposición de los residuos del cultivo anterior en el suelo, los cuales disminuyen el porcentaje de germinación de la semilla así como el vigor de las plántulas que llegan a emerger. Para evitar que esto suceda, lo más recomendable es establecer un cultivo anual antes de volver a establecer alfalfa en el mismo

terreno. Otra opción es descansar la tierra y esperar por lo menos de seis a siete meses antes de volver a sembrar alfalfa en el mismo terreno (Quiroga y Márquez, 2000).

Barbecho

Debe hacerse a una profundidad aproximada de 30 cm y con bastante anticipación a la siembra, con el objetivo de matar los huevecillos y larvas de las plagas de la raíz de este cultivo, al exponerlos prolongadamente a los rayos solares.

Rastreo

Deben darse los rastreos necesarios, para destruir las malas hierbas y desmenuzar los terrones hasta dejar una fina capa granular que permita un buen contacto entre la semilla de alfalfa y las partículas del suelo, propiciando al mismo tiempo, una buena población de plantas.

Nivelación

De la nivelación depende, la distribución del agua y la uniformidad de los riegos, dando por resultado un cultivo de buen desarrollo y altos rendimientos.

Según Quiroga *et al.* (Sin fecha) sugiere pendientes de 0.1 a 0.2 por ciento (10 a 20 cm por cada 100 m) a lo largo de las melgas o tendidas. La nivelación hecha con equipos de rayo láser, con o sin pendiente, presenta una mejor distribución del agua de riego.

Melqueo

El trazo de las melgas o "tendidas", se hacen de acuerdo con la pendiente transversal y textura del suelo y tomando en cuenta la cantidad de agua de riego disponible. Cuando el suelo

es muy pesado (sumamente arcilloso), se aconseja trazar camellones de uno a 1.20 m de ancho por el largo que permita la cantidad de agua de riego y la pendiente del terreno, separados por surcos que servirán para dar los riegos y facilitar el drenaje en época de lluvias.

Cuando el suelo es de textura suave (franco arenoso), el sistema más usual es por medio de melgas que varían de tres a 10 m de ancho y hasta 100 m de largo, separadas por camellones de 92 cm de ancho. Las dimensiones de las melgas se determinan de acuerdo a la nivelación del terreno y a la cantidad de agua disponible (Figura 4), a menos agua y nivelación, menor anchura y largo de las melgas y a mayor cantidad de agua y mejor nivelación, mayor tamaño de melgas (Ramírez, 1974).

El largo de la melga es otro factor que influye en la eficiencia del riego y esta determinado por el tipo de suelo que es el principal factor que se debe considerar para definir el largo de la melga. (Cuadro 4).



Figura 4. Alfalfa sembrada en melgas.

Cuadro 4. Longitud de melgas en el establecimiento de la alfalfa de acuerdo al tipo de suelo (Quiroga *et al.*, Sin fecha).

Textura	Largo (metros)
Ligera (arenoso)	60-100
Media (migajón)	100-120
Pesada (arcilloso)	120-150

También se debe tomar en cuenta, el ancho de corte si este se realiza con maquinaria. Lo ideal es tener cero pendientes transversales; sin embargo, con pendientes de 0.2 a 0.3 por ciento, se puede manejar en forma uniforme el riego. En nivelación tradicional el ancho de la melga no debe de exceder de 10 a 12 m.

Cuando se utiliza el equipo de nivelación con rayo láser, el ancho de la melga puede ser mayor de 20 m; en este caso el caudal disponible del agua de riego será el factor que determine el ancho final. En ambos casos el ancho de la melga deberá de ser de 50 a 70 cm menor al múltiplo del ancho del corte de la maquinaria, para de esta forma cubrir toda el área de la melga con los traslapos de la maquinaria (Quiroga *et al.*, Sin fecha).

Surcada

La siembra en surcos solo se aconseja cuando el cultivo se va a destinar a la producción de semilla o combinar esta con la producción de forraje. En este caso, se trazan surcos de 65 a 92 cm de separación, tirando la semilla a chorrillo. Este tipo de siembra se realiza

con el fin de hacer una distribución uniforme del agua de riego y facilitar la cosecha (Ramírez, 1974).

Siembra

Para tener un desarrollo óptimo la alfalfa requiere de suelos profundos, ya que su sistema radicular se puede desarrollar hasta una profundidad de seis o más metros, característica que brinda una buena tolerancia a la sequía. El suelo debe tener una alta capacidad de retención de humedad pero también un excelente drenaje y estar libre de capas compactas.

La semilla de la alfalfa es muy pequeña, por lo que la profundidad de siembra y su interacción con la humedad del suelo son puntos críticos en el establecimiento de la alfalfa. La semilla debe quedar a una profundidad suficiente para que pueda disponer de una adecuada humedad para su germinación, pero también lo suficientemente superficial que permita la apropiada emergencia de las plántulas. En términos generales, para suelos con textura arcillosa a migajón, se sugiere una profundidad de siembra de 0.6 a 1.3 cm y de 1.3 a 2.5 cm para suelos arenosos (Figura 5).

Las siembras al voleo no son recomendables, ya que tanto la distribución de la semilla en el terreno como la profundidad de siembra no son uniformes. En caso de que esta sea la única alternativa disponible, se sugiere incrementar la cantidad de semilla en un 20 a 30 por ciento (Quiroga y Márquez, 2000).

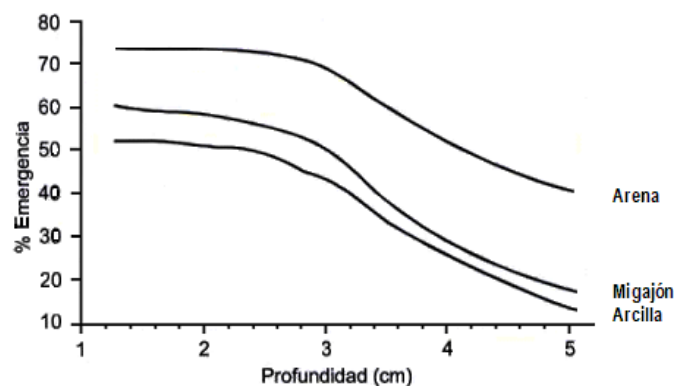


Figura 5. Efecto de la profundidad de siembra sobre la emergencia de plántulas de alfalfa, de acuerdo con la textura del suelo (Quiroga y Márquez, 2000).

Por su parte, Ramírez (1974) menciona que el sistema de siembra al voleo es el más usual en todo el país y da magníficos resultados cuando se hace bien. Se tira la semilla uniformemente sobre la melga a mano o por medio de maquinaria, en seguida se tapa, pasándole una rastra de ramas, de manera que se cubra la semilla a una profundidad aproximada de un centímetro. Se puede realizar también por medio de maquinas sembradoras operadas con tractor; estas maquinas simultáneamente van tirando la semilla y tapándola a la profundidad adecuada, logrando mejores resultados.

En promedio, un kilogramo de semilla de alfalfa contiene 480,000 semillas. Si todas las semillas germinaran y emergieran, bastarían 10 kg/ha de semilla para tener una densidad de plantas deseable. Sin embargo, por condiciones de suelo, clima y humedad, la germinación real en el campo es menor a la que se señala en las etiquetas de los envases, ya que esta última se obtiene en condiciones de laboratorio con condiciones óptimas, controladas y constantes. Además, no toda la semilla que germina en el campo llega a emerger. Por este motivo, la densidad o cantidad de semilla que se indica para la siembra de alfalfa es superior al teórico óptimo anteriormente señalado.

Época de Siembra

Se puede sembrar en cualquier época del año, sin embargo, en regiones como La Laguna, el período óptimo para su siembra es en los meses de Noviembre y Diciembre. A causa de las condiciones de clima que prevalecen durante este período, las siembras de alfalfa que se establecen en estos meses no presentan problema de altas infestaciones de maleza y el tiempo que necesita la alfalfa para alcanzar el primer corte, es lo suficientemente largo para permitirle a la planta desarrollar un sistema radicular profundo y vigoroso, capaz de soportar el estrés que sufren las plantas cuando se someten al primer corte.

Por otro lado, la baja evaporación que prevalece durante éste periodo, permite mantener húmeda por más tiempo la superficie del suelo, lo que propicia la emergencia y establecimiento de las plántulas de alfalfa. Cualquier siembra fuera de éste periodo, tiene que estar respaldada por un eficiente programa para el control de maleza y por un monitoreo cuidadoso de la humedad del suelo tendiente a evitar mermas importantes en la población de plantas durante la fase de establecimiento (Quiroga y Márquez, 2000).

Para el caso de Aguascalientes se recomienda establecer el cultivo en el otoño e invierno, es decir, del 15 de Octubre al 15 de Febrero. En este período los problemas por maleza se reducen, debido a la presencia de temperaturas bajas (Espinoza y Ramos, 1997).

Generalizando para los estados del centro del país, la mejor época es el otoño (Septiembre a Noviembre), ya que en estas fechas se desarrolla mejor el sistema radicular, acumula suficientes reservas, para producir altos rendimientos de forraje, al inicio de la primavera siguiente. En zonas altas, de inviernos severos, es mejor sembrar al inicio de la primavera (Marzo y Abril), para no exponer al cultivo a las fuertes heladas (Ramírez, 1974).

Densidad de Siembra

En un cultivo de alfalfa, el costo de la semilla equivale al 50 por ciento del costo total de establecimiento, por lo que es importante seleccionar la variedad y usar la cantidad de semilla adecuadas.

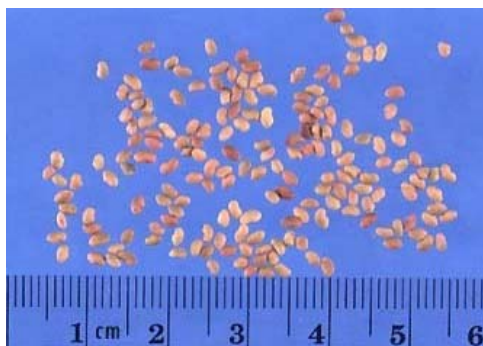


Figura 6. Semilla de alfalfa.

La densidad inicial de plantas de alfalfa depende de la proporción de semilla viable y tiene efecto a largo plazo sobre la vida productiva del cultivo. Cabe señalar que si se usa una cantidad de semilla mayor a la recomendada no se aumentan los rendimientos por hectárea, pero si se elevan los costos de establecimiento del cultivo (Espinoza y Ramos, 1997).

En la Comarca Lagunera, Quiroga y Márquez (2000) y en la región central del país, Ramírez (1974), sugieren utilizar cuando el terreno esta bien preparado de 30 a 35 kg de semilla por hectárea con un mínimo de 85 por ciento de germinación y en el caso de emplear semilla peletizada, aumentar la densidad de siembra de un 10 a 20 por ciento.

Para lograr un buen establecimiento, se debe tener una población promedio de 500 plantas por metro cuadrado, después de un mes de la fecha de siembra. Alfalfares con

densidades de población de 60 plantas por metro cuadrado ó menos deben ser eliminados (Cuadro 5).

Cuadro 5. Población recomendada en el alfalfar de acuerdo al tiempo de producción (Quiroga *et al.*, Sin fecha).

Tiempo	Plantas o coronas por m ²
1 mes después de la siembra	500
Fin del primer año	170-200
Fin del segundo año	120-150
Fin del tercer año	90-110
Fin del cuarto año	70-90

Inoculación de la Semilla

Otro aspecto relacionado con la semilla de alfalfa es la inoculación. La alfalfa es una leguminosa y como tal, sus plantas establecen una relación simbiótica con bacterias del suelo del género *Rhizobium*; en el caso específico de la alfalfa, con la bacteria *Rhizobium meliloti*. Esta bacteria coloniza la raíz de la alfalfa y se establece en ella, mientras la planta le suministra carbohidratos y energía, a cambio la bacteria proporciona a la planta compuestos nitrogenados. Esto da como resultado raíces más grandes, sanas y plantas con mejor rendimiento y producción.

Estos compuestos son sintetizados por la bacteria utilizando parte de los carbohidratos de la planta y el nitrógeno (N₂) que la misma bacteria obtiene del aire, donde la concentración normal de este elemento (N₂) aproximadamente es de 80 por ciento. Como consecuencia a esta relación entre la alfalfa y la bacteria *R. meliloti*, no es necesaria la aplicación de fertilizantes

nitrogenados en la alfalfa, siempre y cuando se propicie y establezca dicha relación simbiótica (Figura 7).



Figura 7. Diferencia entre melgas de alfalfa inoculada y sin inocular.

La semilla de algunas variedades comerciales ya vienen pre-inoculadas de fábrica, recubierta o peletizada con un compuesto que contiene a la bacteria. Sin embargo, hay semillas comerciales que no tienen este tratamiento por lo que es necesario antes de la siembra, inocular la semilla con un producto que trae esta bacteria. La semilla por inocular se humedece con una solución pegajosa como leche, agua azucarada o algún adherente comercial, de la cual se utiliza de 1.5 a 2 litros por cada bulto de 22.5 kg de semilla. Se retira el exceso de líquido y se mezcla perfectamente con el inoculante. Después de esto, se extiende la semilla en una superficie limpia para que se seque y esté lista para su siembra al día siguiente.

Toda la operación debe de hacerse en un lugar cerrado y fresco donde no lleguen los rayos del sol, ya que la semilla inoculada aún la envasada de fábrica, no debe de estar expuesta al sol ni a las altas temperaturas (Quiroga y Márquez, 2000).

Las variedades comerciales que ya vienen pre-inoculadas pueden contener los siguientes compuestos:

- Inoculante (*Rhizobium meliloti*).
- Fungicida sistémicos y de contacto.
- Micronutrientes esenciales para el periodo de establecimiento.
- Cobertura de Carbonato de Calcio neutralizante del pH.
- Pigmentos y adhesivos específicos.

En una pradera mixta de gramíneas y alfalfa, esta última se debe encargar de fijar nitrógeno del aire y de ésta manera abastecerse a sí misma y ayudar en su nutrición a las gramíneas (pastos) que no pueden tomar nitrógeno del aire, quedando enteramente dependientes del nitrógeno del suelo (USDA, 2005).

Labores Culturales

Riego

Se debe aplicar el agua del primer riego, de manera que ésta fluya lentamente; para ello es conveniente usar sifones, con los cuales se evita el arrastre de la semilla y la formación de "claros", que en la mayoría de los casos se infestan de malezas. Después de sembrar, es necesario mantener la humedad del suelo para evitar la formación de costras. Se deben eliminar excesos de agua en riegos posteriores, para eludir el ataque de enfermedades radiculares (García, 1978).

La tecnología de riego que se aplica a este cultivo usualmente es riego superficial o de gravedad a través de melgas, riego por aspersión en diferentes modalidades y recientemente

riego por cintilla enterrada. Las multicompuertas que en algunos casos se emplean no son en sí una tecnología de riego, sino un método de conducción del agua por medio de tubería hasta la cabecera de la melga. Dentro de los aspectos más importantes que se deben considerar al momento de seleccionar la tecnología de riego que conviene aplicar en cada caso son: el cómo, el cuándo y el cuánto regar. Estas incógnitas generalmente deben tomarse muy en cuenta en las etapas de planeación, operación, evaluación y realización de ajustes en el riego de la alfalfa.

Considerando que el suelo actúa como almacén de agua para la transpiración de las plantas y evaporación directa provocada por la radiación solar, es necesario establecer a la profundidad radical del cultivo, un balance de agua con un volumen de control que es restablecido por medio de la precipitación, aportaciones del manto freático o por el riego.

Las raíces de alfalfa alcanzan profundidades de hasta 6.0 m, para la Región Lagunera se maneja una profundidad de 1.2 m si la textura es arenosa y de 0.9 m si es arcillosa.

En las condiciones de la Región Lagunera se estima una evapotranspiración de la alfalfa de 180-170 cm de lámina de agua al año, al igual que una evapotranspiración por mes como se estima en el Cuadro 6. En la etapa de establecimiento se recomienda la aplicación de una lámina total de 50 cm distribuida en seis riegos con láminas de ocho centímetros por riego. La aplicación del riego en la etapa de establecimiento es de gran importancia para estimular la proliferación y profundidad del sistema radical. Para la etapa productiva se aplica el criterio de 130 cm en el primer año. El consumo de agua de la alfalfa se muestra en la Figura 8. Se considera que en un riego superficial se puede aspirar a una eficiencia de hasta 80 por ciento, para aspersión un 90 por ciento y para goteo hasta un 95 por ciento.

Cuadro 6. Evapotranspiración (mm) mensual en el cultivo de alfalfa en la Región Lagunera (Moreno *et al.*, 2000).

Mes	Evapotranspiración (mm)
Enero	82.1
Febrero	119.5
Marzo	191.4
Abril	154.2
Mayo	172.1
Junio	216.3
Julio	224.4
Agosto	226.5
Septiembre	141.7
Octubre	128.2
Noviembre	86.6
Diciembre	75.3

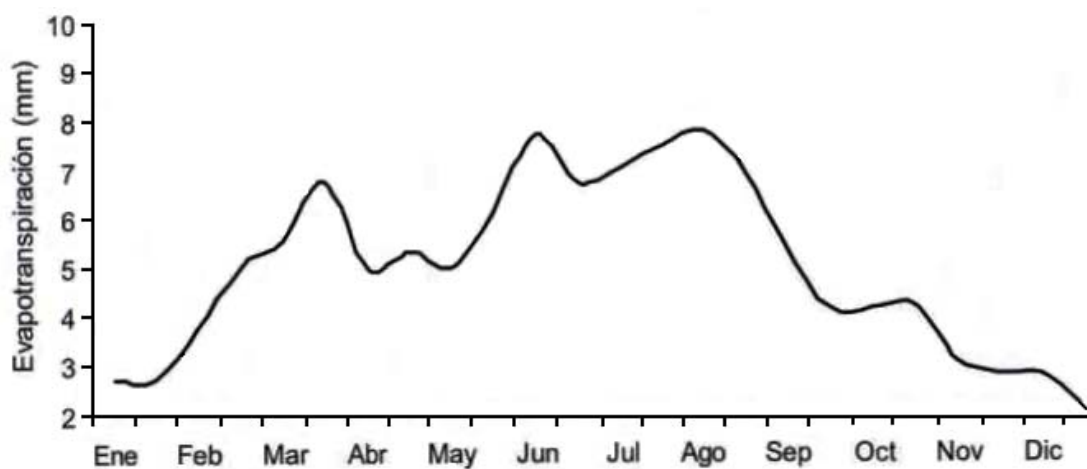


Figura 8. Consumo de agua en el cultivo de alfalfa en la Región Lagunera (Moreno *et al.*, 2000).

Otra información importante a considerar para el análisis o planeación del riego, lo constituyen las pérdidas que se tienen en la red de conducción interparcelaria, la selección del sistema de riego depende de los siguientes factores:

- Cantidad de agua
- Costo de la energía y profundidad de bombeo
- Pendiente del terreno
- Tipo de suelo
- Calidad del agua
- Mano de obra
- Cosecha
- Relación beneficio-costos o tasa interna de retorno

En el caso del riego superficial se debe considerar la pendiente del terreno, textura del suelo, lámina por aplicar para determinar los gastos y la longitud de tendida, como factores para alcanzar máxima eficiencia de aplicación, un almacenamiento mayor del 85 por ciento y que la uniformidad en el riego resulte mayor del 80 por ciento.

En general, se debe realizar una nivelación del terreno y hacer el trazo de riego con una pendiente longitudinal de tres a cuatro centímetros por cada 100 m. El ancho de la melga debe ser fijado en función de un múltiplo del ancho de la maquinaria de corte, así como de la disponibilidad del caudal o gasto de agua, procurando una pendiente transversal con un rango no mayor de tres centímetros en 100 m.

El largo de la tendida depende de muchos factores, según se explicó anteriormente, no es común usar longitudes mayores de 200 m. Los caudales durante el establecimiento deben ser menores de 3.0 litros por segundo en un metro (lps/m) de ancho de melga y en la fase productiva deberán ser del orden de 6.0 a 8.0 lps/m de ancho de melga (Moreno *et al.*, 2000).

Está comprobado que con sistemas de aspersión aumenta la producción de la alfalfa y disminuye la lámina de riego (Cuadro 7); lo cual permite un aumento en la eficiencia de producción de materia seca por metro cúbico de agua.

Cuadro 7. Producción, lámina de riego y eficiencia de la alfalfa con diferentes sistemas de riego (Moreno *et al.*, 2000).

Sistema	MS (ton/ha)	Lámina de riego (cm)	Eficiencia MS/m³ de agua
Rodado	20.1	188	1.07
Aspersión	27.5	165	1.64

La lámina de riego debe llevar el suelo a capacidad de campo (CC). Esta lámina debe considerar la eficiencia de riego, la corrección por salinidad, y se le denomina lámina bruta (Lb). El nivel de abatimiento de la humedad disponible en la zona radicular de la alfalfa no debe rebasar el 35-40 por ciento. Para propósitos prácticos, el riego se debe aplicar cuando se tenga un 50 por ciento de humedad disponible en el suelo, principalmente en suelos arenosos. Normalmente, se recomienda aplicar un riego después de cada corte y durante los meses de Junio a Agosto dividir la lámina de riego en dos riegos ligeros entre cortes, ya que en esta época ocurre la máxima demanda de agua por las extremas condiciones del clima en las regiones áridas de México (Figura 9).

Aun cuando este cultivo necesita suficiente humedad para un buen desarrollo, el exceso de agua lo perjudica, a tal grado de ocasionarle fuertes pudriciones de la raíz y la muerte prematura de las plantas (Ramírez, 1974).



Figura 9. Riego en alfalfa.

Haciendo un pequeño resumen, para siembras de Noviembre y Diciembre la alfalfa requerirá de cinco a seis riegos; el de siembra mas cuatro o cinco riegos de auxilio, lo cual dependerá de factores como el tipo de suelo. El primer riego de auxilio debe de realizarse antes de los 15 días después de la siembra ya que el sistema radicular de la alfalfa es muy superficial y los siguientes riegos cada 25 ó 30 días según se requiera.

En la etapa productiva los riegos deben aplicarse después de cada corte. Se pueden requerir en los meses de máximas temperaturas (Junio-Agosto) aplicaciones de dos riegos ligeros entre cortes. (Quiroga *et al.*, Sin fecha).

Para las condiciones del estado de Guanajuato, según Salinas y Urbiola (1981) antes de efectuar el primer corte es necesario, aplicar de cinco a seis riegos. De acuerdo a las necesidades de la planta y del tipo de suelo, después de cada corte se aplican de uno a dos riegos, cuidando darlos a tiempo y si exceso de agua.

Según Espinoza y Ramos (1997) para regiones alfareras como en Aguascalientes, se recomienda la aplicación del riego como a continuación se describe:

El riego de germinación debe ser ligero y aplicarse lentamente para evitar el arrastre de la semilla; diez días después, se debe aplicar un riego ligero para lograr la germinación uniforme. En los riegos posteriores, se pueden manejar volúmenes más grandes de agua; sin embargo, siempre deben evitarse encharcamientos prolongados. En general, después de los riegos de germinación y nacencia, se aplican otros tres riegos en periodos de 15 a 20 días, antes del primer corte. Posteriormente, se aplican dos riegos entre cortes; el primero inmediatamente después del corte y el segundo, 15 días después. Cuando las temperaturas son elevadas, las láminas de riego deben ser bajas con aplicaciones frecuentes para evitar la aparición de enfermedades de la raíz.

Fertilización

Un programa de fertilización para alto rendimiento de alfalfa como para cualquier otro cultivo, debe considerar aspectos tan importantes como el conocimiento de las características físicas y químicas del suelo, el rendimiento de materia seca esperado y la concentración de nutrimentos contenidos en el forraje. Con estos elementos es posible tener una idea bastante precisa de la demanda anual de nutrimentos del cultivo y de las necesidades de fertilización complementarias a las cantidades de nutrimentos ya disponibles en el suelo antes de la siembra.

Un análisis de suelo es lo más recomendable para conocer la condición del suelo, además de la observación directa y la experiencia del propietario. Son necesarios estudios más detallados, tanto de suelos como de calidad del agua para riego, en caso de disponer de equipos de riego presurizados, sobre todo si se programa aplicar agroquímicos y/o fertilizantes a través de estos sistemas de riego.

Es conveniente saber que la alfalfa está catalogada como un cultivo adaptado a suelos con pH alcalino y moderadamente tolerante a la salinidad. Se desarrolla y produce mejor en suelos profundos, de textura media, bien drenados, con un nivel de salinidad menor a 2 dS/m y con menos de 15 por ciento de sodio intercambiable (Cueto y Quiroga, 2000).

La alfalfa es un cultivo susceptible de ser explotado durante varios años. En la Región Lagunera por ejemplo son comunes rendimientos anuales de forraje seco superiores a 20 toneladas por hectárea. En gran parte esto se debe a la tecnología de producción que se emplea y a que la alfalfa en esta región no entra en estado de latencia invernal, como sucede en zonas alfareras ubicadas en latitudes más al norte que La Laguna.

En cada corte de la alfalfa se extraen del suelo una gran cantidad de nutrimentos que contiene el forraje. Para el caso específico de la Laguna se aprecia en el Cuadro 8. Las cantidades de nutrimentos removidas por cada tonelada de forraje seco producida, no son iguales en todas las regiones productoras de alfalfa. Para conocer el estado nutrimental de un alfalar en particular, se puede recurrir al análisis foliar.

Cuadro 8. Cantidad de nutrientes que extrae la alfalfa por tonelada de forraje seco (FS) en la Región Lagunera (Cueto y Quiroga, 2000).

Nutriente	Kg/ton FS
Nitrógeno (N)	38.5
Potasio (K)	40.9
Fósforo (P)	2.9
Calcio (Ca)	20.9
Magnesio (Mg)	3.0
Azufre (S)	2.5
Nutriente	g/ton FS
Fierro (Fe)	200
Manganeso (Mn)	80
Zinc (Zn)	35
Boro (B)	50
Cobre (Cu)	10

Al pertenecer la alfalfa a la familia de plantas conocidas como leguminosas, posee la capacidad de aprovechar el nitrógeno contenido en el aire del suelo a través de la relación que establece entre sus raíces y bacterias del género *Rhizobium*. Las bacterias le proporcionan nitrógeno a la alfalfa y a cambio obtienen carbohidratos y algunos minerales de las raíces de las plantas que colonizan.

Por lo general, no es recomendable aplicar nitrógeno a la alfalfa ya que sólo basta tratar la semilla con un inoculante específico de buena calidad. Cuando se sospeche o se tenga la certeza de que el terreno donde se establecerá la alfalfa es sumamente pobre, que se le ha sobre explotado o que no se ha cultivado con alfalfa anteriormente, por única vez se podrían aplicar de 40 a 50 kg de nitrógeno por hectárea al momento de la siembra. Con esta medida se asegura el establecimiento de las plántulas y el desarrollo de sus raíces mientras se establece la relación simbiótica con las bacterias.

El caso del fósforo y potasio es diferente, por fuerza tienen que ser abastecidos por el suelo o fertilizantes orgánicos o inorgánicos. Diversos estudios realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en La Laguna indican que los suelos de la región tienen un contenido disponible de medio a bajo en fósforo y muy alto en potasio. Se sabe que el fósforo es un elemento que tiende a ser fijado en formas no asimilables para la planta, a causa del exceso de carbonato de calcio presente en los suelos regionales.

Ramírez (1974) menciona, que generalmente los suelos de la República Mexicana son pobres en nitrógeno, su contenido de fósforo es variable, el potasio se encuentra en abundancia, por lo que no preocupa su adición, pero es conveniente realizar análisis antes de establecer un

cultivo, con el objeto de determinar con exactitud en qué cantidad están presentes y calcular el fertilizante que debe aplicarse.

Los elementos nutritivos más importantes para el cultivo de la alfalfa en orden de importancia, son el fósforo, potasio y nitrógeno, el calcio es un elemento que influye en la nutrición y en la corrección de suelos ácidos, aplicándose en forma de hidróxido de calcio o carbonato de calcio.

La adición de materia orgánica mejora la textura y fertilidad del suelo, una forma común de incorporarla, es utilizando estiércol podrido, para que no lleve semillas viables de malas hierbas al cultivo. Si se aplica fresco debe ser mucho antes de la siembra, procurando hacerlo en el cultivo anterior, para poder combatir las malas hierbas por medio de las labores culturales, de tal manera que cuando se siembre, el terreno este abonado y libre de malezas.

Por otro lado Quiroga *et al.* (Sin fecha) señala, más que nitrógeno la alfalfa requiere un buen abastecimiento de fósforo. La cantidad a aplicar dependerá de su disponibilidad en el suelo, ya que una cosecha anual de 20 ton de forraje seco extraen aproximadamente 134 kilogramos de fósforo, para esta producción se sugiere aplicar por lo menos 159 kg/ha de fósforo al año (325 kg de superfosfato triple de calcio 00-46-00), considerando que parte del nutriente se fijará en el suelo.

No hay diferencia al aplicar 150 kg de fósforo cada año o aplicar 300 kg de fósforo por hectárea para los dos primeros años de producción. Las aplicaciones anuales se realizan en invierno, después del corte y antes del riego.

Se sugiere fertilizar la alfalfa con una aplicación anual de fósforo a razón de 6.7 kg de fosfatos (P_2O_5) por tonelada de forraje seco que se pretenda cosechar. Esto es equivalente a 14.5 kg de superfosfato de calcio triple (46 por ciento P_2O_5) por tonelada de forraje seco por producir.

Aplicaciones de potasio y otros elementos secundarios o microelementos se sugieren sólo en áreas donde se detecten deficiencias de ellos. Estudios realizados en diferentes cultivos, indican que el potasio no ha contribuye a elevar los rendimientos de una manera significativa.

La aplicación de estiércol se realiza por los beneficios que se le atribuyen a este tipo de abonos, para mejorar tanto la estructura del suelo como la capacidad de retención de humedad y el nivel de fertilidad en general. Sin embargo, debe entenderse que por cada tonelada (base seca) de estiércol de bovino lechero que se aplica al terreno, se incorporan 14.2 kg de nitrógeno, 11.7 kg de P_2O_5 , 41 kg de Óxido de Potasio (K_2O) y 50 kg de sales solubles.

Según Salinas y Urbiola (1981) para la aplicación de fertilizante en la alfalfa ya establecida, se debe dejar agrietar el terreno para que el fertilizante pueda penetrar y así la planta lo pueda absorber mejor. Estando el terreno agrietado se corta la alfalfa, se aplica el fertilizante y después se riega.

Malezas

La maleza es el complejo de malas hierbas que puede invadir a la alfalfa en las primeras fases de su desarrollo, así como en etapas avanzadas de su establecimiento y producción. No sólo ocasiona mermas de forraje por la competencia que establece con la alfalfa al robarle humedad, nutrimento, luz y espacio disponibles, sino que también afecta la calidad del

forraje de la alfalfa por las altas concentraciones de nitratos o a la baja cantidad de proteína cruda que aportan algunas especies de maleza que se mezclan con la alfalfa al momento del corte. Por otro lado, todo esto contribuye y se refleja en la reducción que usualmente se tiene en la longevidad del cultivo. Las principales malezas presentes en los alfalfares de la Laguna se enlistan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Malezas presentes en el cultivo de la alfalfa en la Región Lagunera (Castro, 2000).

Nombre común	Nombre científico
Ciclo otoño-invierno	
Mostacilla	<i>Sisymbrium irio L.</i>
Malva	<i>Malva parviflora L.</i>
Borraja	<i>Sonchus oleraceus L.</i>
Bolsa de pastor	<i>Capsella bursa pastoris L.</i>
Oreja de ratón	<i>Polygonum aviculare L.</i>
Ciclo primavera-verano	
Zacate pegarropa	<i>Setaria verticillata L.</i>
Zacate chino	<i>Cynodon dactylon L.</i>
Zacate pinto	<i>Echinochloa colona L.</i>
Zacate pata de gallo	<i>Eriochloa lemmonii</i>
Zacate johnson	<i>Sorghum halepense L.</i>
Zacate mota	<i>Chloris virgata</i>
Zacate liendrilla	<i>Leptochloa filiformis L.</i>
Zacate choneano	<i>Echinochloa cus galli L.</i>
Trompillo	<i>Solanum elaeagnifolium</i>
Quelite	<i>Amaranthus palmeri S.</i>
Cúscuta	<i>Cuscuta sp.</i>
Retama	<i>Flaveria trinervia</i>
Oreja de ratón	<i>Polygonum aviculare L.</i>

Según Espinoza y Ramos (1997) dentro de las condiciones que favorecen la presencia de maleza se encuentran:

- a) Cuando un alfalar está en plena producción y no se fertiliza y riega adecuadamente.
- b) Cuando los cortes son muy irregulares en la etapa de madurez.
- c) Cuando la altura de corte es muy irregular, el cultivo se expone a una fuerte invasión de maleza perenne. En ese momento es necesario realizar el control químico.

Los daños que causa la maleza se reflejan principalmente en el rendimiento, calidad nutricional y longevidad o vida productiva de la alfalfa. Estos daños son variables y dependen de cada especie de maleza, grado de infestación, tiempo de aparición y manejo del cultivo. Se le considera agresiva cuando alcanza una densidad de una a tres plantas por metro cuadrado, situación en que puede reducir el rendimiento de la alfalfa hasta en un 60 por ciento durante los primeros cuatro cortes.

En malezas de primavera-verano se ha determinado que poblaciones de 10 plantas por metro cuadrado de zacates reducen en un 36 por ciento la producción de materia seca de alfalfa, así como la calidad del forraje por el bajo porcentaje de proteína que aportan en cortes de alfalfa que se realizan en los meses de Julio a Octubre.

Control de la Maleza

El control químico es el método mas apropiado para eliminar maleza en la alfalfa. El método manual es impráctico debido a su costo y alto requerimiento de mano de obra. Cortar la alfalfa antes de tiempo para eliminar la maleza presente en el cultivo es el método mecánico más

común para controlar maleza después de la siembra. Sin embargo, esta práctica puede afectar negativamente el establecimiento y longevidad del cultivo. Por otra parte, el control mecánico de zacates en alfalfa no es muy efectivo porque las yemas que quedan debajo del nivel del corte, rebrotan con tal vigor que la corona de los zacates sigue emitiendo brotes.

En herbicidas postemergentes, la aplicación debe realizarse cuando el suelo tiene la humedad adecuada, preferentemente por la mañana o en la tarde, cuando no haya mucho viento. En el caso de herbicidas preemergentes, se sugiere aplicarlos después del corte y antes del riego, al final del invierno y principios de la primavera (Castro, 2000).

Insectos Plaga

Las pérdidas de forraje y semilla que ocasionan los insectos plaga son de orden millonario, si bien la cantidad y variedad de insectos plaga que se encuentran en la alfalfa es sorprendente, donde más de 100 especies causan algún tipo de daño, por fortuna no todas coinciden en un lugar específico ni tampoco ocurren al mismo tiempo (Cuadro 10).

Cuadro 10. Plagas que se presentan en alfalfares de la Región Lagunera (Ramírez y Nava, 2000).

Nombre común	Nombre científico
Pulgón verde	<i>Acyrtosiphon pisum</i>
Pulgón manchado	<i>Therioaphis maculata</i>
Gusano soldado	<i>Spodoptera exigua</i>
Chicharrita verde de la alfalfa	<i>Empoasca fabae</i>
Periquito tricornudo	<i>Spissistilus sp.</i>

En todo el país se reporta la existencia de por lo menos 10 plagas, pero las de mayor peligro en la zona centro son el Pulgón manchado (*Therioaphis maculata*) y Barrenador de la raíz *Epiclaures aurifer* (Ramírez, 1974). Mientras que para las regiones alfalferas del noroeste de México hay reportes de Trips Negro (*Caliothrips phaseoli*); Diabroica (*Diabrotica balteata*) y Mosca Minadora (*Liriomyza sp*) (Serrano, 1973).

Por las lesiones que estos insectos dejan se pueden introducir los inóculos de enfermedades fungosas y bacterias que pueden representar el fin de un alfalfar si no se le presta la debida atención. Entre los principales métodos de control se tienen son, el control biológico, control cultural, control químico y la utilización de variedades resistentes.

Enfermedades

Las enfermedades no sólo disminuyen el rendimiento de la alfalfa sino que también acortan el ciclo productivo de este cultivo. En Estados Unidos de América éstas causan pérdidas de forraje que rebasan el 10 por ciento de la producción, a la vez que disminuyen la calidad del forraje y causan un aumento en los costos debido a la mayor frecuencia en el establecimiento de nuevos alfalfares. En el Bajío se ha detectado que las enfermedades como marchitez por *Phytophthora* y peca además de nematodos, afectan el rendimiento y valor nutritivo de la alfalfa.

Existen diferentes organismos que pueden ocasionar daños similares en forma separada o en conjunto. Tal es el caso de enfermedades que dañan la raíz y la corona, las cuales disminuyen la densidad de plantas, favorecen la aparición de maleza, reducen el rendimiento y la vida productiva de la alfalfa. Las enfermedades foliares como la peca, mildiu veloso, roya y virosis pueden causar fuertes defoliaciones que ocasionan pérdidas de más de 40 por ciento en

el rendimiento y en la calidad de forraje. Algunas enfermedades atacan a los tallos, los marchitan, les causan lesiones que los secan y doblan hasta llegar a matarlos.

Las enfermedades de la alfalfa, se consideran de importancia tanto por su incidencia como por el daño que causan, ya que además de atacar tallos, raíz y corona, sus organismos causales permanecen en ellas debilitándolas paulatinamente o provocando una muerte repentina.

Las pérdidas que causan las enfermedades para las que no hay resistencia genética, se pueden reducir a través de prácticas de manejo del cultivo, como el establecimiento de plantas vigorosas que hacen más difícil la infección y dispersión del organismo causante de la enfermedad.

La alfalfa se desarrolla mejor en suelos con buen drenaje, ya que el estancamiento del agua en suelos de baja permeabilidad favorece la incidencia de enfermedades. El mejoramiento del drenaje se logra mediante un laboreo profundo del suelo; es decir, un subsoleo para romper la capa compacta o piso de arado, originada por el excesivo tráfico de maquinaria; contribuyendo a incrementar la infiltración y capacidad de retención de agua del suelo.

Otra práctica es la aplicación de estiércol a la mayor profundidad posible. En suelos muy pesados de baja permeabilidad se requieren aplicaciones de estiércol en dosis iniciales de 100 ton/ha para mejorar la infiltración del agua.

Los riegos se deben programar cuando el descenso de la cantidad del agua retenida en el suelo (humedad aprovechable) sea del 50 por ciento. Debe evitarse cualquier estancamiento de agua por un período mayor de 12 horas, para prevenir problemas de asfixia por carencia de oxígeno y pudriciones de la raíz.

Por otro lado existen factores de manejo que predisponen a la alfalfa a daños por enfermedades, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- 1) El ataque de insectos chupadores como áfidos, chicharritas e insectos que dañan las raíces.
- 2) El corte del forraje a una altura menor de cinco centímetros respecto al suelo, lo cual puede dañar los rebrotes que vienen de la corona y que facilitan la entrada de fitopatógenos por las heridas.
- 3) Se debe cortar la alfalfa cuando está entre el 50 por ciento de botón y 10 por ciento de floración en verano (24 a 28 días de Marzo a Octubre) y cuando los rebrotes tengan de uno a tres centímetros de altura en otoño e invierno (Noviembre-Febrero).
- 4) Evitar en lo posible el paso continuo de maquinaria para reducir compactación del suelo y daño mecánico a la corona.

Se deben tomar en cuenta como alternativas específicas para evitar la dispersión de la antracnosis, lavar el equipo con una solución de cloro en agua al cinco por ciento (50 ml de cloro por litro de agua) al pasar de un campo a otro o al dar por terminado el corte, y rotación de cultivos.

En suelos no muy infestados de pudrición texana aplicar estiércol durante el invierno y resembrar los manchones de plantas muertas, ya que hay posibilidades de que algunas de las nuevas plantas sobrevivan de dos a tres años. Para áreas muy infestadas con pudrición texana, se puede practicar la rotación con gramíneas (maíz, sorgo, ballico, avena) que son resistentes al hongo. Contra enfermedades de la hoja como la roya y el mildiu, lo indicado es adelantar el corte para evitar la defoliación y disminuir el inóculo del patógeno para el siguiente corte (Chew, 2000).

En general en la mayoría de las zonas alfareras del país se reportan enfermedades similares, tal es el caso de pudrición de la corona, pudrición texana, mildiu veloso, marchitez bacteriana, peca de la hoja y mancha de la hoja, para el Bajío, Norte y Centro de México.

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 de al cultivo (Espinoza y Ramos, 1997).

CORTE

En general existe un conflicto entre buscar máximos rendimientos y calidad del forraje. Si la balanza se inclina a la búsqueda de máxima calidad se sacrifica el rendimiento, vigor y longevidad de la planta. La mayor concentración de proteína y materia seca digestible se encuentran en estados tempranos de desarrollo de la planta, por ejemplo a inicios de botón, estado de madurez al corte que es típico en un sistema intensivo de explotación.

Un manejo basado en cortes frecuentes poco a poco mina las reservas radiculares de Carbohidratos No Estructurales (CNS). Estas reservas de CNS son las responsables y determinantes para que ocurra el inicio del crecimiento de la planta y el rebrote después de cada corte, y de que se sostenga dicho crecimiento hasta que la parte aérea sea autosuficiente y empiece a restaurar las reservas radiculares de CNS.

Después de un corte, las reservas radiculares de CNS empiezan a decrecer hasta que la planta alcanza una altura de 20 a 25 cm, a partir de este momento las reservas empiezan a ser restauradas hasta alcanzar su máximo nivel, lo cual ocurre cuando la planta inicia su etapa de

floración. Por lo tanto, cada vez que en forma sistemática el corte se realice antes de que la planta entre en floración, se está limitando la capacidad radicular de almacenar CNS. De continuar este sistema intensivo de explotación, la raíz se debilita y se tiene una reducción en el vigor de las plantas y en la longevidad del alfalfar.

Espinoza y Ramos (1997) mencionan que para lograr la máxima calidad y rendimiento se sugiere realizar los cortes cada 25 a 28 días en primavera y verano; en el otoño cada 30 a 35 días y en invierno cada 40 a 45 días. El número de días entre cortes depende de la luz solar, período en el cual la planta debe alcanzar una madurez óptima de cosecha y almacenar reservas de recuperación para un siguiente corte, de acuerdo a cada estación del año, dando como resultado una mayor longevidad en el cultivo.

Desde el punto de vista de rendimiento y vigor de la planta, la sugerencia para realizar los cortes es cuando la planta inicia su floración (10 por ciento de flor). Pero si el objetivo es el obtener máxima calidad, los cortes pueden hacerse en estados más tiernos de desarrollo, cuando inicia la emisión de botones o está completamente en botón. Cuando se opta por esta última opción debe tenerse en cuenta que la longevidad y vigor de la planta se ven afectados y es probable que la alfalfa no alcance su vida útil promedio (Quiroga, 2000).

Aparte del estado de madurez al corte, la altura a la que se realice el corte también es importante. Se sugiere no dar el corte a una altura menor de cinco centímetros respecto al suelo (Figura 10), para evitar que se corten los rebrotes que vienen de la base de la corona de la planta. El inicio del crecimiento de estos rebrotes ocurre cuando las reservas radicales de CNS han llegado a su máximo, lo cual coincide con el inicio de la floración. Por este motivo durante la mayor parte del año, la floración es la guía para decidir el momento del corte. Sin embargo,

durante los meses de noviembre a febrero cuando la floración se retarda, la guía para decidir los cortes es la aparición de los rebrotes basales.

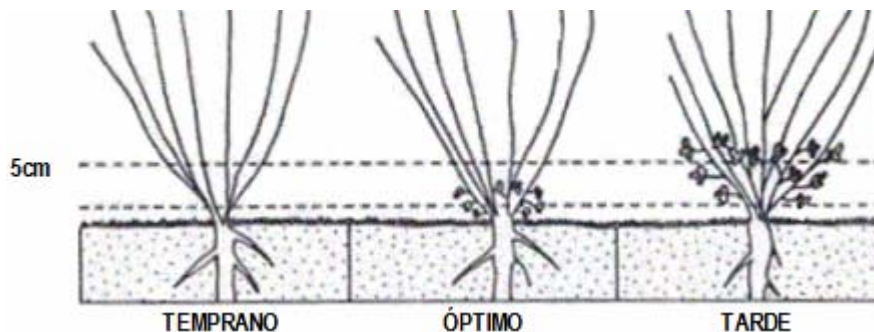


Figura 10. Momento y altura del corte de acuerdo al rebrote (Quiroga, 2000).

Cuando la siembra se hace en Noviembre-Diciembre, el primer corte se presenta a los 100-110 días. El estado de madurez a la primera cosecha no debe realizarse antes de que la planta alcance por lo menos un 10 por ciento de floración, ya que aún no tendrá un sistema radicular profundo y vigoroso. El tiempo entre cortes es variable de acuerdo a la época del año y entre estos. Durante la primavera y el verano, el crecimiento de los rebrotes coincide con el inicio de la floración. Por lo tanto, durante esta época, la floración será el indicador del corte. Durante los meses de otoño e invierno, el indicador del corte son los rebrotes del nuevo crecimiento, como se indica en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Corte de acuerdo con el periodo de crecimiento (Quiroga *et al.*, Sin fecha).

PERIODO	CRITERIO PARA EL CORTE
Marzo-Octubre	50 % de botón a 10 % de flor
Noviembre-Febrero	1 a 5 cm. de altura del rebrote



Figura 11. Corte de alfalfa.

Durante el primer año se obtienen de ocho a nueve cortes y durante los siguientes años de 10 a 11. La vida productiva del alfalfar dependerá del manejo que se le proporcione en aspectos de nivelación, aplicación de riegos, número y altura de corte, control de malezas y plagas entre otros. Un alfalfar debe durar por lo menos tres años, pudiendo extenderse hasta más de cinco años (Quiroga *et al.*, Sin fecha).

Si se retrasa el corte o bien se baja la altura de corte, los rebrotes basales son cortados y la raíz tendrá que gastar reservas extras de CNS para emitir nuevos rebrotes; si ocurre sistemáticamente se va minando el vigor de la raíz y de la planta en general.

Los rendimientos y calidad de forraje son afectados tanto por el estado de madurez como por la época del año en la cual ocurre el crecimiento de la alfalfa. En cualquier región alfalfera, este cultivo presenta un patrón cíclico de producción de forraje. Los mayores rendimientos por corte ocurren al final del invierno e inicio de la primavera, los cuales empiezan a decrecer a partir de mayo hasta alcanzar los menores rendimientos, que ocurren durante el periodo de agosto a octubre (Figura 12). A esta caída en la producción por corte se le conoce

como caída de verano, los rendimientos que se obtienen durante esta etapa, llegan a representar del 25 al 33 por ciento del rendimiento que se obtiene durante la primavera (Marzo-Abril).

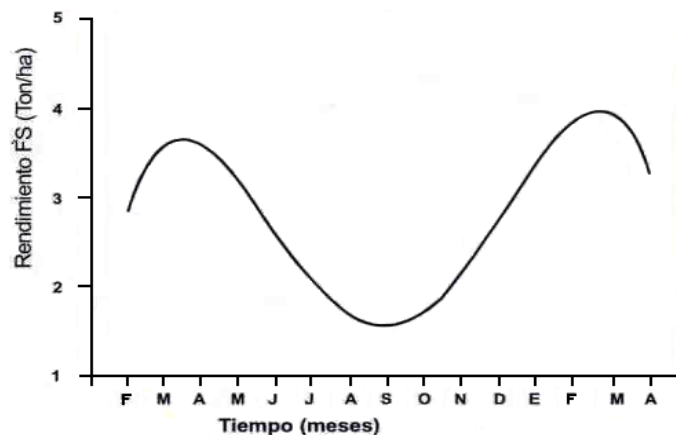


Figura 12. Rendimientos mensuales de forraje seco por corte de alfalfa (Quiroga, 2000).

El fenómeno de la caída de verano es una respuesta fisiológica y normal de la planta al medio ambiente. A partir de mayo-junio y hasta septiembre, la alfalfa se desarrolla en un ambiente de temperaturas altas expuesta a un incremento en el fotoperíodo y mayores intensidades de radiación solar. Lo anterior acelera los procesos fisiológicos y desarrollo de la alfalfa acortando el tiempo para alcanzar la floración y junto con esto, también se limita la acumulación de reservas radiculares de CNS.

El estado de madurez al momento del corte afecta tanto al rendimiento de forraje como a su calidad nutritiva. En comparación a cortes cuando la planta se encuentra en plena floración, la tendencia general es que mientras más tierna se corta la alfalfa menor es el rendimiento pero a su vez la proporción de hojas y por lo tanto la calidad del forraje es mayor. En este punto es donde se debe hacer un balance de acuerdo con el fin de la producción:

1). Mayor calidad de forraje; cortes antes de floración pero con el sacrificio de rendimiento, vigor y longevidad.

2). Mayor producción de forraje; cortes al inicio de la floración pero con sacrificio de la calidad.

Todos los conceptos anteriores se aplican cuando la alfalfa se destina para corte directo, henificado o ensilaje. Cuando los cortes se realizan en los estados de madurez recomendados, el contenido de proteína cruda tiene un rango de 18 a 21 por ciento. Es posible obtener contenidos de 23 a 25 por ciento mediante la realización de los cortes en estados inmaduros (Cuadro 12); con esto sin embargo, se tienen rendimientos menores, se sacrifica el vigor y condición del alfalfar, a la vez que se incrementa la posibilidad de acumulación de nitratos en el forraje (Quiroga *et al.*, Sin fecha).

Cuadro 12. Rendimiento de forraje seco, proteína y materia seca digestible promedio, por corte de alfalfa en diferentes estados de madurez (Quiroga, 2000).

Estado de madurez	Forraje seco (ton/ha)			PC (%)			MSD (%)		
	Total	Hoja	Tallo	Total	Hoja	Tallo	Total	Hoja	Tallo
Botón	2.6	1.4	1.2	24.0	29.7	17.0	76.8	84.2	68.0
Inicio de floración	2.9	1.5	1.4	22.4	22.4	17.1	75.6	83.2	66.4
Plena floración	3.8	1.9	1.9	21.2	21.2	15.8	75.5	84.0	66.0

Cuadro 13. Efecto de la etapa de corte en el cultivo de alfalfa (Espinoza y Ramos, 1997).

Estado de madurez	Hojas (%)	PC (%)	ADF (%)	NDF (%)	VRF (%)	Dig. (%)	Rendimiento ton MS/ha
Botón	> 40	> 19	< 30	< 40	> 140	65	1.8
Inicio de floración	30-40	16-19	30-35	40-45	124-140	63	2.2
50% de floración	20-29	13-15	36-40	46-50	101-123	61	2.2
100% de floración	< 30	< 13	> 40	> 50	< 100	59	2.1

Quando el corte se retrasa, baja la calidad nutritiva del forraje, aumentando el contenido de fibra. Si los cortes se realizan en forma prematura se agotan las reservas de la planta y el rebrote se desarrolla débil y susceptible al ataque de plagas y enfermedades (Serrano, 1973).

Existen dos parámetros importantes que determinan la calidad de un forraje, que son el valor nutritivo y la digestibilidad, los cuales si se combinan con una buena aceptación por el animal, disminuye el volumen de forraje que se requiere para satisfacer las necesidades del ganado, reflejándose en una dieta que con menor costo, haciendo más eficiente la producción. En el Cuadro 14 se muestra una comparación entre la calidad de la alfalfa y otros forrajes.

No solo producir bien es importante, también hay que cuidar la calidad, pues esta es afectada por diversos factores entre los que figuran el manejo, bajo el cual se producen los forrajes, calidad del suelo, edad de la planta y la información genética que posee cada especie y variedad.

La proteína cruda es afectada por la época de corte en todos los forrajes, del mismo modo la materia seca digestible, total de nutrientes digestibles y energía neta de lactancia, disminuyen a medida en que se retrasa el corte, mientras que la materia seca acumulada y el porcentaje de fibra se incrementan, disminuyendo la digestibilidad del forraje cuando la planta presenta etapas de desarrollo cercanas a la madurez (Rivera *et al.*, 2004).

En el Cuadro 15 se aprecia que todos los forrajes son superiores a la alfalfa en producción de MS diaria, siendo el maíz, sorgo y pasto sudan los de mayor producción, pero son los de menor calidad.

Juntado (Alomillado)

Para lograr el éxito en el juntado del forraje, se sugiere hacer esta actividad cuando el forraje tiene aproximadamente un 20 por ciento de humedad, y una vez junto, se sugiere dejarlo asolear un día más, hasta que alcance alrededor del 16 a 18 por ciento de humedad (Espinoza y Ramos, 1997).

Rendimientos

Los rendimientos por corte no son constantes en el año; los mayores rendimientos se obtienen durante el período de marzo a mayo. Por los efectos del medio ambiente, los rendimientos decrecen hasta su punto mas bajo en el periodo de Agosto a Octubre, para iniciar de nuevo su incremento (Quiroga *et al.*, Sin fecha).

Según Espinoza y Ramos (1997) la producción varía entre 100 a 110 ton de forraje verde por hectárea al año, que equivalen aproximadamente a 22 ton/ha de forraje seco de buena calidad, con un promedio de 10 cortes por año.

MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE ALFALFA

Uno de los problemas que afrontan cada año los ganaderos es el de proveerse de forraje necesario para sus hatos en los períodos críticos. Para solucionar lo anterior se pensó en conservar el forraje producido en los períodos de abundancia. El método original fue el secado natural, a esto se siguió la desecación artificial y por último el del ensilaje (López *et al.*, 1998).

La conservación de forrajes es un proceso que permite por un lado aprovechar los periodos de mayor producción de forrajes con las mínimas pérdidas en cantidad y calidad nutritiva de los mismos y por otro lado disponer de forraje, ya sea para suplementar la alimentación o para épocas en que no se tiene o decrece la producción de forraje verde. La selección del método para conservación del forraje depende de varios factores entre los cuales destacan el clima, tipo de cultivo, maquinaria, infraestructura, objetivos productivos, etc. Los métodos más comunes son el henificado y el ensilaje.

Henificado

El heno es el alimento que se obtiene desecando los forrajes verdes, el objetivo de la henificación es reducir el contenido de agua de los forrajes verdes para que puedan almacenarse en grandes cantidades sin que se presente fermentación o que se enmohezca. La principal dificultad es disminuir rápidamente el contenido de agua, con el fin de matar las células vegetales antes de que la respiración y las fermentaciones consuman las reservas nutritivas del forraje. Siendo las pérdidas proporcionales a la duración del proceso de henificación.

La mayoría de los forrajes del noreste de México son de estación cálida. Estos entran en letargo y su calidad disminuye durante los meses del invierno y durante los períodos de

sequía. Es una necesidad para el ganadero disponer de alimento suplementario para estos períodos, con el fin de mantener el ganado en buena condición, no deteriorar las praderas o el pastizal, y asegurar la supervivencia del ganado (López *et al.*, 1998).

El objetivo principal en la henificación es la deshidratación rápida del forraje, ya que las pérdidas en cantidad y calidad están relacionadas directamente con el tiempo que permanece el forraje cortado en el campo. La deshidratación depende principalmente de la intensidad de radiación solar, aunque la presión de vapor también puede ser importante, también está relacionada con el contenido de humedad en el suelo y la densidad de las hileras de forraje.



Figura 13. Rollo de heno de alfalfa.

Para henificado, el corte se sugiere realizarlo cuando se tengan las mayores temperaturas del día. De esta forma la planta tendrá menor cantidad de humedad y se necesitará menor tiempo para curar el forraje (Quiroga *et al.*, Sin fecha).

Henificación Natural

El método de henificación natural consiste en cortar el forraje y extenderlo al sol hasta conseguir la humedad señalada. Este procedimiento de desecación resulta económico, pero

depende estrechamente de las condiciones ambientales como lluvia, sereno, baja temperatura y humedad relativa, entre otros.

En cuanto a la henificación por el sol (natural) se recomienda, segar la alfalfa por las mañanas y dejarla tendida como la dejó la maquina cortadora. Si las condiciones del tiempo (lluvia) no son propicias para que se seque rápidamente el forraje, se debe voltear periódicamente, con intervalos de algunas horas para acelerar su henificación (Ramírez, 1974).

Es importante saber que los principios nutritivos proporcionados por el heno suelen costar menos que los que consumen los animales con otros alimentos, excepto cuando el animal consume su propio alimento en pastoreo.

Calidad del Heno

El heno de buena calidad debe de ser rico en nutrientes esenciales y atractivo, de tal manera que los animales lo consuman con gusto. Por consiguiente, la calidad en el heno se refiere a su valor alimenticio, químico y físico, medidos por la respuesta del animal. El ganado obtiene la vitamina D ya sea de la exposición directa a la luz solar o del forraje, especialmente el heno, el cual proporciona suficiente vitamina D. Las características físicas importantes que se deben de considerar en el heno son:

Fase de madurez. Las gramíneas y leguminosas que son cortadas en la fase temprana de su desarrollo son más altas en proteína, carbohidratos digestibles, minerales, y caroteno, que aquellos cortados en fases más maduras. Los forrajes cortados tardíamente son más altos en fibra, lignina, y celulosa, que son materiales menos deseables.

El porcentaje de proteína y el total de proteína producida por hectárea se utilizan como un criterio para evaluar el forraje como alimento. El forraje tierno por tener menor fibra, mayor proteína y mayor digestibilidad siempre tendrá mayor contenido de NDT (Cuadro 16).

Cuadro 16. Relación de la fase de madurez de la alfalfa en base al por ciento de MS (López *et al.*, 1998).

Tipo de heno	Ceniza	Proteína	Fibra	Grasa	ELN	NDT
Embotonamiento	10.3	19.6	28.0	2.4	39.6	63
1/10 floración	10.2	18.1	30.1	2.4	39.3	60
1/2 floración	9.6	16.9	32.6	2.6	38.3	58
Floración Completa	9.7	15.9	33.3	2.1	39.0	55
Semilla madura	8.5	14.5	35.3	2.1	39.5	52

La palatabilidad es importante porque determina en cierto grado la cantidad que el ganado consumirá. El heno puede ser muy rico en nutrientes, pero si no es consumido con gusto, su valor se verá disminuido. Algunos factores que influyen en la palatabilidad del heno son: fase de crecimiento al momento del corte, técnicas de curado y almacenado.

La fase de madurez del cultivo a la cosecha, afecta la calidad y palatabilidad. Se ha encontrado, que el ganado consume más heno cortado en la fase de 5 por ciento de floración que cuando fue cortado más tarde (Cuadro 17).

El heno mohoso es generalmente rechazado por el ganado, prefieren uno sano y con aroma dulce. Las plantas que producen heno con tallos gruesos y duros no son tan fácilmente

consumidas como aquellas con tallos finos y suaves. Los henos con abundante hoja son preferidos a los talludos.

Cuadro 17. Influencia de la fase de floración sobre la palatabilidad del heno de alfalfa irrigada (López *et al.*, 1998).

% Floración	PC %	Azúcar Total %	Hojas %	Color %	Kg. Heno consumido
5	18.3	5.6	30	85	14.91
75	15.5	4.3	34	85	12.36
100	12.1	3.9	26	70	9.82

Porcentaje de Hojas y Tallos. Existe una relación directa entre el porcentaje de hojas y el contenido de proteína, energía, minerales, y vitaminas. También, mientras más alto sea el contenido de hojas mayor será la digestibilidad y palatabilidad del forraje.

El tamaño y la flexibilidad de los tallos son otros criterios importantes para hacer un heno de buena calidad. Los tallos toscos no son palatables y frecuentemente son rechazados por el ganado. El diámetro de los tallos puede ser influenciado por la tasa de siembra, fase de madurez a la cosecha y la fertilidad del suelo. El heno cortado temprano en siembras densas y en suelos fértiles debe de dar los mejores tipos de tallos.

Además del alto valor nutritivo, las hojas tienen alto índice de digestibilidad, son más del doble de ricas en proteína, es común que las hojas contengan el doble de fósforo y el triple de calcio que los tallos. Un estudio ha mostrado que las hojas de alfalfa fueron digeridas en un 58 por ciento, comparado a solo 42 por ciento de los tallos. El porcentaje de hojas puede variar de 10 por ciento en un heno muy talludo, a casi 70 por ciento en un heno de muy buena calidad.

Color verde Natural. Un color verde brillante es tomado generalmente como un indicador del valor alimenticio del heno de alfalfa. El color verde indica que el heno fue rápido y apropiadamente curado, con ningún daño por la lluvia o calentamiento durante el almacenaje.

La fuente de vitamina A de más valor, son las hojas. En general hay dos a tres veces más vitamina A en las hojas que en los tallos. Hay relación directa entre el color, contenido de clorofila y caroteno (precursor de la vitamina A) en el heno. Mientras más intenso sea el color verde mayor será la potencia de la vitamina A.

El color verde puede ser perdido por el blanqueado que causa el sol en el campo, decoloración debido a la lluvia, madurez excesiva de la planta, o calentamiento y deterioro por almacenamiento. La pérdida del color verde en el almacenamiento es más rápida durante los meses de verano y es mantenida al mínimo durante el tiempo frío. El color es uno de los índices más significativos de la calidad, y de ahí su importancia.

Materiales Extraños. Son considerados inútiles para la alimentación, incluyen malezas, paja, rastrojo, y contaminantes leñosos y toscos, que poseen poco valor alimenticio. Un heno con alta cantidad de malezas es indeseable, porque estas no son palatables y son bajas en valor nutritivo (López *et al.*, 1998).

Pérdidas de forraje durante el henificado

Es mucho más fácil curar el heno en climas áridos y secos, que en las áreas húmedas con lluvia intermitente. El sereno, la alta humedad y la lluvia dañan al heno a través de la decoloración, lavado, e incrementan las cantidades de respiración. El curado rápido, como es posible realizarlo en los climas secos reduce el riesgo de pérdidas de nutrientes. Los días

brillantes y soleados son los preferidos durante la época de henificado. Es posible tener un forraje listo para henificar en dos días después del corte. Se debe de evitar henificar durante los días nublados o con chubascos frecuentes. El henificado durante días con mucho viento afectara la calidad del heno por la perdida de hojas.

Las pérdidas de material vegetal cuando se hace el heno varían de 20-40 por ciento, pero pueden ser mayores al 70 por ciento si la cosecha se hace en condiciones climáticas no ideales. La pérdida número uno es por el quebrado de las hojas durante el manejo mecánico, tal como el rastrillado y empacado, cuando el heno está muy seco.

Los nutrientes lavados por la lluvia, y la respiración durante el almacenamiento son otros factores que contribuyen a las pérdidas. El heno a menos de 20 por ciento de humedad y almacenado bajo techo tendrá todavía una pérdida normal de materia seca que puede ser de hasta 10 por ciento, que es debido principalmente al manejo.

El empacado de heno arriba de 20 por ciento de humedad incrementa grandemente el riesgo de putrefacción por microorganismos. Las pérdidas de almacenamiento están directamente relacionadas al crecimiento bacteriano y al calor que resulta. El calor excesivo durante el almacenamiento causa una reacción de obscurecimiento que reduce el valor nutritivo del heno por la pérdida de carbohidratos y disminución de la digestibilidad de la proteína. La extensión del calentamiento depende ampliamente del contenido de humedad del heno, así como de la densidad y tamaño de la paca, la temperatura y humedad del aire, y la población microbiana existente en éste.

Pérdidas por respiración

Las pérdidas durante el henificado normalmente varían de 15 a 25 por ciento. Las pérdidas por respiración son del dos al 15 por ciento y corresponden principalmente a carbohidratos no estructurales y cesan en cuanto el porcentaje de humedad en las plantas es menor del 40 por ciento. Estas pérdidas son menores del 10 por ciento cuando las condiciones para la deshidratación del forraje son buenas.

Pérdidas durante la manipulación del forraje

Ocurren principalmente en el campo durante el corte, volteo, alomillado y empacado, y dependen del contenido de humedad y la rapidez de las operaciones. Varían del siete al 21 por ciento, principalmente en el alomillado (tres a seis por ciento) y en el empacado (dos a 10 por ciento). Las pérdidas en el campo están inversamente relacionadas con el rendimiento de forraje, aunque no proporcionalmente, ya que son mayores cuando el rendimiento es menor de tres toneladas por hectárea. Otro factor importante es que cuando el forraje madura, las pérdidas durante la manipulación del forraje en el campo aumentan a más del doble.

Pérdidas durante el almacenamiento

El ambiente contribuye significativamente a las pérdidas de almacenamiento, cuando el heno es almacenado sin ninguna protección. La mayor parte del deterioro es en la parte superficial de la paca, y particularmente donde ésta entra en contacto con el suelo y el agua. Los rollos grandes almacenados en la intemperie han mostrado pérdidas de materia seca de 17 por ciento comparado a seis de aquellos bajo techo. Siete centímetros externos de un rollo grande, de 1.5 m de diámetro y 1.5 m de largo, hacen casi el 21 por ciento de su volumen. Es común

tener descomposiciones más profundas que siete centímetros en rollos puestos a la intemperie. Estas pérdidas dependen de la cantidad de precipitación, período de almacenamiento, y la capacidad de la paca de repeler el agua. Las pérdidas de los rollos grandes almacenados en la intemperie son aproximadamente tres veces superiores a las pacas almacenadas bajo techo.

Las pérdidas durante el almacenamiento, afectan principalmente el contenido de carbohidratos no estructurales y proteína. Sin embargo, cuando existe calentamiento ocurren daños mayores con disminución en el aprovechamiento de la proteína por los animales. Las pérdidas en este proceso son en cantidad y calidad, presentándose durante el primer mes y están relacionadas con el contenido de humedad del heno al momento del almacenamiento (Cuadro 18) y la densidad de las pacas, las cuales en conjunto contribuyen a la producción de calor.

Cuadro 18. Efecto del contenido de humedad en las pérdidas durante el almacenamiento (Núñez, 2000).

Humedad (%)	Materia Seca (%)	Digestibilidad Materia Seca (%)	Proteína Cruda (%)
11-20	4.5	6.2	6.0
20-25	7.9	11.8	8.8
25-34	10.9	13.5	7.5

Durante el almacenamiento las pérdidas se minimizan cuando el contenido de humedad de las pacas es bajo. El desarrollo de microorganismos (bacterias, hongos y levaduras) causa el calentamiento sobre todo en pacas grandes de alta densidad. Las pérdidas son excesivas en pacas con más de 30 por ciento de humedad, llegando a presentarse incendios. Sin embargo, las

pérdidas son similares en todo tipo de pacas cuando se almacenan con la humedad apropiada en lugares cubiertos.

Pérdidas por lluvia

Las pérdidas en el henificado aumentan a más del 35 por ciento con la ocurrencia de lluvia, las cuales son aún más importantes por la pérdida de compuestos altamente digestibles como carbohidratos no estructurales y proteína. Las pérdidas que ocasionan las lluvias se deben principalmente a la pérdida de hojas y lavado de los compuestos mencionados.

Las pérdidas por lluvia son variables y dependen de la humedad del forraje, densidad de las hileras, momento y cantidad de lluvia. Las pérdidas son menores cuando la lluvia se presenta al inicio del proceso y la densidad de las hileras de forraje es baja. También las pérdidas son menores cuando la alfalfa se corta en estado de floración en comparación a cuando se corta en estado de botón (Núñez, 2000).

Prácticas para mejorar el proceso de Henificación

La manipulación del forraje en el campo aumenta la velocidad de deshidratación mediante la exposición del forraje húmedo a la energía solar. Para aumentar la tasa de deshidratación se debe cortar en hileras anchas y esparcir el forraje sólo una vez, preferentemente el primer día en casos donde se corta en hileras angostas.

Existen tres operaciones para manipular el forraje en el campo: extender, invertir y alomillar el forraje. Extender el forraje aumenta la tasa y uniformidad de la deshidratación. La

desventaja de esta operación es el aumento en pérdidas cuando la humedad del forraje es menor de 50 por ciento, así como el gasto en combustible y mano de obra adicionales.

El volteo del forraje mejora la velocidad de deshidratación del forraje en menor grado que extender el forraje aunque las pérdidas son menores; sin embargo, también requiere de gasto de combustible y mano de obra adicionales. La práctica de voltear el forraje tiene un beneficio menor que el corte en hileras anchas o esparcir el forraje.

El alomillado tiende a mover el forraje de la parte de abajo hacia la parte superior de las hileras, lo cual mejora el secado del forraje inicialmente pero posteriormente, se reduce la velocidad de secado por la densidad de las hileras que se forman. El contenido óptimo de humedad del cultivo para un buen secado y pérdidas mínimas es entre 30 a 40 por ciento. En climas secos, esta operación debe hacerse en la noche o en la mañana temprano cuando las hojas están húmedas y menos quebradizas (Cuadro 19).

Cuadro 19. Prácticas y beneficios en el henificado de alfalfa (Núñez, 2000).

Práctica	Razón	Beneficios
Corte temprano	Aprovechamiento de toda la radiación solar del primer día	Disminución rápida de humedad Menos pérdidas por respiración
Hileras anchas	Aumenta la velocidad de secado	Disminución rápida de humedad
Volteo y alomillado a 40-50% de humedad del forraje	Aumenta la velocidad del secado	Menor tiempo de secado Menor pérdida de hojas
Empacado a 18-20% de humedad del forraje	Propicia buena preservación durante el almacenamiento	Inhibición de hongos Inhibición de calentamiento Evita incendios
Almacenamiento cubierto	Protección contra el sol y la lluvia	Inhibición de hongos Inhibición de calentamiento Disminución de pérdidas en cantidad y calidad

El acondicionamiento mecánico con accesorios de rodillos o cepillos en las máquinas cosechadoras para prensar, quebrar los tallos o rasgar la capa serosa de las plantas puede mejorar su deshidratación. En el caso de la alfalfa, el acondicionamiento es más efectivo con accesorios de rodillos. El acondicionamiento debe ser ligero, ya que su severidad aumenta las pérdidas de cosecha. El acondicionamiento químico es un proceso nuevo para aumentar la velocidad de deshidratación del forraje. Estos productos se asperjan al cultivo en el momento del corte. Existen diversas sustancias químicas que sirven para este propósito pero los más comunes son los carbonatos de sodio y potasio. Este tratamiento generalmente mejora la calidad nutritiva del forraje.

La utilización de aditivos tiene como objetivo aumentar la velocidad de secado o disminuir las pérdidas en pacas hechas con forraje que tiene más de 20 por ciento de humedad. Los cuidados en la aplicación de estos aditivos son: aplicar la cantidad correcta por unidad de forraje, lograr una mezcla uniforme del producto y forraje, minimizar pérdidas del ingrediente activo al medio ambiente y prevenir daños al ganado y a la gente.

La aplicación de ácido propiónico reduce las pérdidas en henos húmedos, pero estas aún son mayores que en henos secos. El amoníaco anhidro es un preservador eficaz del forraje; además, este tratamiento aumenta la concentración de proteína y digestibilidad del heno. Las principales limitantes son la seguridad del animal y humana en el manejo y aplicación de este producto.

Los inoculantes bacterianos con cepas de *Lactobacillus spp* tienen poco efecto en hongos, sobrecalentamiento, pérdidas y calidad del forraje cuando se aplican a henos húmedos.

Otros productos con bacterias del género *Bacillus spp* son mejores en condiciones aeróbicas de los henos (Núñez, 2000).

Empacado

Es la acción final del proceso de cosecha. Para lograr un buen empaque y obtener forraje de alta calidad, es importante sincronizar las actividades de juntado y empacado, de tal forma que la alfalfa sea manejada con un contenido de humedad entre el 16 al 18 por ciento para evitar la caída de las hojas por el golpeteo de la empacadora (Espinoza y Ramos, 1997).

El empacado (Figura 14) debe realizarse en las primeras horas de la mañana, ya que el rocío reduce la pérdida de hojas. Un mal proceso de henificado puede llegar a tener mas de un 50 por ciento de pérdidas de hoja, que es donde se encuentra la calidad de la alfalfa (Quiroga *et al.*, Sin fecha).



Figura 14. Paca de alfalfa.

El empacado del heno con contenidos de humedad más altos que el óptimo de 15-18 por ciento, minimiza las pérdidas de hojas por el manipuleo mecánico y reduce el riesgo del daño por lluvia, por el período más corto de marchitado y secado. Sin embargo, empacando a niveles

de humedad arriba de un 20 por ciento generalmente se incrementan las pérdidas por almacenamiento por calor excesivo y por enmohecimiento del heno.

Los dos factores más importantes que contribuyen a las pérdidas mecánicas de los forrajes en el campo son el contenido de humedad y el tipo de empacadora. Las pérdidas causadas por las empacadoras convencionales, rectangulares y pequeñas, varían de tres a ocho por ciento, mientras que en el mismo heno las pérdidas en empacadoras de rollos grandes pueden ser tan altas como 15 por ciento.

Casi todas las pérdidas mecánicas son debidas a la caída de las hojas. Las hojas de alfalfa se secan tres a cinco veces más rápido que los tallos y cuando el contenido de humedad de la planta disminuye abajo del 30 por ciento las hojas llegan a ponerse extremadamente quebradizas. La relación hoja-tallo del heno de alfalfa cambia de 58:42 a 42:58 cuando el contenido de humedad al empacado disminuye de 25 a 15 por ciento (López *et al.*, 1998).

El empacado en pacas grandes de alta densidad se está volviendo popular cuando se van a transportar a lugares lejanos. Este tipo de empacadoras tienen el doble de capacidad por hora para cosechar que las empacadoras de pacas pequeñas. Las pacas redondas también son populares en algunos lugares, pero esta operación solo presenta una ligera ventaja sobre la capacidad de las empacadoras convencionales y un poco menos de mano de obra.

Para determinar cuando un heno se encuentra en condiciones para ser empacado, basta hacer una prueba de campo, tomando un pequeño haz de forraje y con las manos se retuerce fuertemente; si los tallos se tornan ligeramente quebradizos y no se aprecia humedad, quiere decir que ya esta en condiciones para empacar (Ramírez, 1974).

Ensilaje

De los métodos de conservación de forrajes el que ofrece más ventajas, es el del ensilaje el cual consiste en conservar los forrajes verdes, deteniendo su secado, protegiéndoles de la acción del agua, del aire, y provocar el desarrollo de un factor conservador: la fermentación láctica.

La tecnología disponible como cosechadoras de corte preciso, descargadoras y cortadoras de ensilado y carros mezcladores ha permitido hacer un uso más eficiente de los ensilajes en la alimentación de ganado productor de carne y leche. Esta opción puede dar muy buenos resultados a los ganaderos para alimentación de su ganado en épocas críticas como es el invierno o secas.

El objetivo del ensilaje es conservar el máximo valor alimenticio del forraje de cuando se corta en el campo, evitando su secado y protegiéndole de la lluvia y el aire. Las metas que se deben perseguir al elaborar un ensilaje deben ser principalmente evitar la pérdida de nutrientes del forraje cosechado y conservar la calidad de éste para que el ganado lo consuma en grandes cantidades.

Al alimentar el ganado en los períodos críticos, es necesario tratar de utilizar el mínimo posible de concentrados y granos y el máximo de forrajes, puesto que éstos últimos son la fuente más barata de nutrientes. El contar con un buen ensilaje para la alimentación del ganado reduce la dependencia que se tiene en los granos y concentrados como fuentes de energía y proteína. Es un hecho aceptado que un forraje fermentado en la forma correcta, retiene una mayor cantidad de nutrientes que otro donde se utilice cualquier otro sistema de conservación y almacenamiento. El proceso de fermentación en el silo es muy similar al que ocurre en el primer

estómago del rumiante. Los ensilajes bien fermentados son un alimento natural para el ganado y por la misma razón su consumo debe ser en grandes cantidades (López *et al.*, 1998).

El ensilaje es forraje verde que se ha “guardado” en un depósito sin aire, donde bajo el proceso fermentación conserva sus cualidades de forraje succulento para alimento del ganado. Es falsa la creencia de que la pastura se pudre si se almacena con humedad o verde. En el silo, la pastura se conserva perfectamente, pues en ausencia de aire y bien apisonada, se fermenta sin podrirse. Esto quiere decir que el ensilado es el resultado de una fermentación deseable, semejante a la que se produce en la elaboración de la cerveza o del pulque.

Un forraje bien ensilado puede usarse a partir de un mes de elaborado, y hasta después de los cinco o más años de haberse almacenado, con la confianza de que tal alimento no causará ningún trastorno al ganado (López *et al.*, 1998).

El ensilaje ha estado sujeto a una serie de avances para mejorar la calidad del ensilado, así como su aceptación y mejor aprovechamiento por parte del ganado. Es un método de conservación del forraje basado en la eliminación del aire para promover la fermentación de azúcares a ácido láctico por bacterias lácticas que causan una reducción del pH que inhibe la degradación de enzimas vegetales, especies indeseables de bacterias (enterobacterias, *Clostridia*), levaduras y hongos, así como de las mismas bacterias lácticas posteriormente.

En el proceso de ensilaje pueden ocurrir diferentes tipos de fermentaciones que difieren en su eficiencia energética (Cuadro 20). La fermentación deseada se inicia una vez que el aire ha sido excluido y las enzimas de la respiración en las plantas cesan su funcionamiento. Entonces da inicio una fermentación anaeróbica en la cual ciertas bacterias producen ácido láctico y otros productos de menor importancia a partir de los azúcares presentes en el material ensilado

(fermentación primaria). Sin embargo, algunas veces estas bacterias son anteceditas por bacterias productoras de ácido acético, lo cual puede ocasionar un aumento en la temperatura.

Cuadro 20. Tipos de fermentación que pueden ocurrir en el proceso de ensilaje (Núñez, 2000).

Tipo	Reacción	Eficiencia (%)
Homofermentativa	Glucosa → ácido láctico	97
Heterofermentativa	Glucosa → ácido láctico + etanol + CO ₂	97
	Fructosa → ácido láctico + manitol + ácido acético + CO ₂	98
Clostridial	Ácido láctico → ácido butírico + CO ₂ + H ₂	81
	Alanina → ácido propiónico + ácido acético + NH ₃ + CO ₂	81
Levaduras	Glucosa → etanol + CO ₂	-

El proceso del ensilaje consiste en el almacenamiento del forraje verde picado, con la exclusión de aire, haciendo una buena compactación, y el sellado del depósito. Posterior a esto sigue un período corto de respiración del material verde, con el consumo del oxígeno presente entre las partículas, y producción de dióxido de carbono. En esta fase operan también algunas bacterias aeróbicas. Con la terminación del oxígeno en el interior del silo, da principio una fermentación por bacterias anaeróbicas.

En los cambios normales del ensilaje, la fermentación ácida llega a su máximo alrededor de los 20 días después del inicio de la fermentación. La misma acidez de todo el material (pH entre 3.5 y 4.0) detiene la fermentación. Si el ensilaje está en un depósito bien

sellado, sin acceso al aire, se conservará indefinidamente sin que ocurran cambios en el valor nutritivo del ensilado, o su aceptación por el ganado.

La consecuencia de estos procesos es una reducción en el pH que inhibe la acción de otro tipo de bacterias que no son deseables como *Clostridium spp*, que producen sustancias mal olientes y provocan que el silo se eche a perder (fermentación secundaria).

Fases de la fermentación en el ensilaje

Fase Aeróbica (Respiración)

Los azúcares se convierten en CO₂, agua y calor, lo cual ocasiona pérdidas de materia seca y energía, y un aumento en la temperatura. Dura de uno a dos días y depende de la expulsión de oxígeno a través de la compactación.

Fase de Transición (Fermentación Enterobacteriana)

Se define como fase de dormancia en la que se produce ácido acético, fórmico, láctico y algunas veces ácido butírico, CO₂ y H₂ por entero bacterias, las cuales viven con o sin oxígeno por uno a dos días, pero se vuelven menos competitivas a medida que el pH disminuye a menos de 5.5-5.7.

Fase de Fermentación Láctica

Las bacterias lácticas dominan el proceso a un pH menor de 5.5-5.7. La producción de ácido láctico se debe a bacterias homofermentativas o heterofermentativas. Esta fase depende del número de bacterias lácticas al momento del ensilaje, ausencia de oxígeno y cantidad de carbohidratos fermentables.

Fase Estable

Esta fase se logra cuando el forraje contiene de 1.5 a dos por ciento de ácido láctico y un pH de 4.5 en leguminosas, lo cual inhibe las bacterias lácticas. El ensilado se puede mantener mientras no se permita la entrada de oxígeno por meses e incluso años.

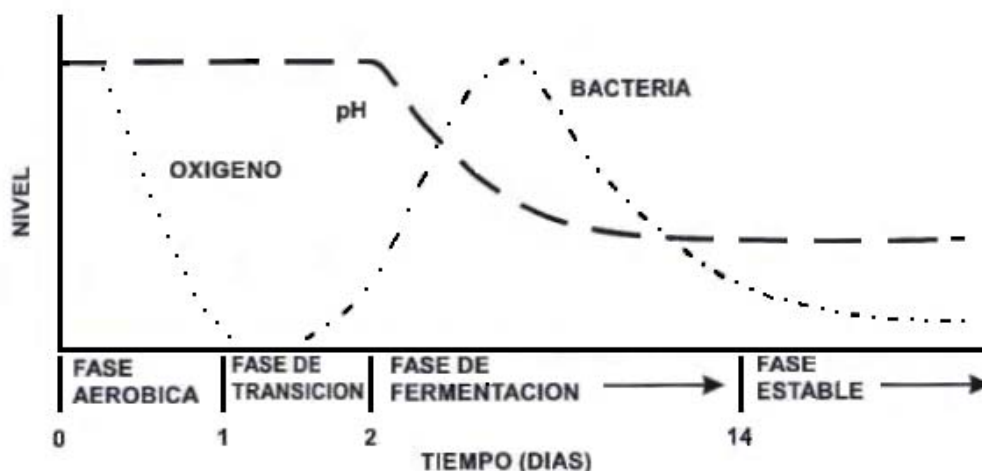


Figura 15. Fases de la fermentación durante el ensilaje (Núñez, 2000).

Durante el proceso de ensilaje se pueden presentar fermentaciones indeseables. En las etapas intermedias, la reducción del pH debe llegar a 5.5-5.7 para estimular la actividad de las bacterias productoras de ácido láctico. Un contenido de humedad mayor del 70 por ciento promueve la producción de ácido acético y cuando es menor del 70 por ciento estimula la producción de ácido butírico. Cuando la fermentación no se desarrolla en forma normal puede ocurrir una fermentación por *Clostridia* en las siguientes condiciones:

- Cuando el pH no disminuye rápidamente a un valor de estabilización.
- Las fases de respiración y fermentación enterobacteriana ocurren extensivamente.
- La temperatura alcanza los 35° C.

→ Existe contaminación del forraje con tierra o estiércol.

La fermentación clostridial se reconoce por un olor fuerte, un pH mayor de cinco, un contenido de nitrógeno amoniacal mayor de 10 por ciento del nitrógeno total y mayor contenido de ácido butírico que láctico.

Un aspecto importante es que los forrajes con mayor aptitud para el ensilaje tienen un alto nivel de carbohidratos fermentables, nivel bajo de proteína y capacidad amortiguadora reducida, como es el caso del maíz y otras gramíneas. Desafortunadamente, la alfalfa es más difícil de ensilar por sus características.

El contenido de materia seca es uno de los factores más importantes para asegurar un buen ensilaje y minimizar las pérdidas debido a calentamiento o escurrimiento de líquidos. En el caso de la alfalfa el contenido de materia seca es de 35 a 40 por ciento. En forrajes con alto contenido de humedad como los cereales y otras gramíneas cortadas en estado muy tierno o en leguminosas, es necesario cortarlas y dejarlas secar parcialmente en el campo hasta lograr los contenidos recomendados de materia seca (Núñez, 2000).

En el ensilaje de forrajes con demasiada humedad se tienen pérdidas mayores de nitrógeno y carbohidratos solubles en los escurrimientos de líquidos, y se presentan fermentaciones butílicas y clostridiales. Un contenido apropiado de materia seca es importante porque se requiere menos ácido láctico y se logra una estabilización a pH más altos; por esta razón, es particularmente importante el presecado en el ensilaje de alfalfa.

El tamaño de partícula también es importante para la exclusión del aire a través del apisonado y sellado del silo. Se considera que un tamaño apropiado de picado es de un

centímetro; sin embargo, en la alfalfa se debe tener de 15 a 20 por ciento de partículas al menos de 2.5 centímetros de longitud para asegurar el efecto de fibra en el ganado.

El llenado del silo, apisonado y sellado son factores muy importantes para lograr las condiciones anaeróbicas que se requieren para tener una buena fermentación. Las pérdidas en un silo sellado son de cinco a 15 por ciento, mientras que en un silo mal sellado éstas pueden ser de 25 a 50 por ciento, principalmente en las capas superiores. En ensilajes bien sellados se tiene un pH más apropiado para la fermentación y la digestibilidad puede ser mayor a cinco unidades porcentuales en comparación con silos sin sellar o mal sellados. El silo debe llenarse lo más rápido posible; el tiempo deseable es de cinco minutos por cada tonelada de forraje. Después se cubre con polietileno que se ancla con tierra, llantas, u otros objetos pesados.

El deterioro aeróbico durante la extracción del silo provoca la entrada de oxígeno y el desarrollo de hongos y levaduras, sobre todo en ensilados de buena calidad. Para minimizar las pérdidas durante la extracción es mejor tener silos largos y angostos, con una menor cara expuesta que permita un avance más rápido en la operación y evitar que estén de frente a la salida del sol.

Calidad del ensilaje

Ensilar temprano traerá como consecuencia una menor producción y existirán pérdidas excesivas por escurrimiento de agua al colocar en el silo material muy húmedo. Al cosechar tarde, la única ventaja es que se tendrá mayor producción de forraje pero: será más difícil de picar, existirán mayores pérdidas mecánicas y será difícil apisonar, existiendo el riesgo de tener ensilajes mal fermentados donde se perderá mayor cantidad de energía y serán poco palatables. Por lo tanto es mejor ensilar temprano.

Es frecuente que se observe un color pardo o negro veteado en la parte exterior del ensilaje. Esto puede deberse a un calentamiento excesivo, a una compactación deficiente, o contenido de agua demasiado bajo. Cuando no se ha excluido bien el aire, por lo general se desarrollan mohos.

Un ensilaje de buena calidad no debe tener un olor fuerte y desagradable. Es posible que un ensilaje con olor fuerte no resulte desagradable para el ganado, ni sea rechazado por éstos, pero debe usarse con precaución para evitar que transmita un sabor desagradable, sobre todo a la leche. El olor fuerte a ácido butírico, amoniacal, o a humedad, indican grandes pérdidas de nutrientes.

Un ensilaje tosco, con muchos tallos, indica que el forraje se cortó en una fase de maduración muy avanzada, al igual si contiene materiales extraños, será naturalmente menos apetecible y pobre en nutrientes digestibles para el ganado (López *et al.*, 1998).

Un ensilaje de buena calidad es aquel que tiene una acidez de 4.5 o menos, el contenido de nitrógeno amoniacal es bajo, el ácido butírico es pequeño o nulo, el contenido de ácido láctico variará de 3-13 por ciento del total de la materia seca. Un pH superior a 5.2, nitrógeno amoniacal de 3-9 por ciento, 5-7 por ciento de ácido butírico y alto contenido de esporas, y tan solo 1-2 por ciento de ácido láctico, serán los parámetros para considerar a un ensilaje de mala calidad.

Uso de Aditivos en el ensilaje

Otra opción para tener una buena fermentación en el silo es el uso de aditivos. Los más populares son los inoculantes bacterianos, que contienen una o más especies de bacterias

productoras de ácido láctico, que crecen en ambientes con diferentes condiciones de humedad, temperatura y acidez, y por su capacidad para producir ácido láctico en poco tiempo. Los principales tipos de bacterias utilizadas son: *Lactobacillus*, principalmente la especie *L. plantarum*, así como *Pediococcus* y *Enterococcus (Streptococcus) faecium*. El objetivo de adicionar inoculantes es ayudar a una fermentación más rápida y eficiente que permita la preservación de MS y mejorar el valor nutritivo. Bajando el pH más rápido, para minimizar la población de bacterias detrimentales que producen ácidos acético o butírico, las cuales propician pudriciones, mal aspecto y olor a los ensilados, también para disminuir la actividad de enzimas que degradan la proteína a compuestos no proteicos.

Se ha encontrado que en el 60 por ciento de los casos estos productos ayudan a reducir el pH y a la producción de ácido láctico, con mejores resultados en ensilados de alfalfa y zacates y en menor grado en ensilados de cereales de grano pequeño. También se ha observado que tienen efectos positivos en la preservación de la proteína, este efecto se atribuye a que se disminuyen las pérdidas causadas en la fermentación. En relación al deterioro de los ensilados en el pesebre, se tiene un ligero efecto positivo y un pequeño aumento en la digestibilidad.

Existen diferentes causas que pueden causar el fracaso de estos productos, por ejemplo cuando la población natural es superior a la generada con el inoculante. Para evitar esta situación se sugiere lograr una población de bacterias generadas por el inoculante al menos del 10 por ciento de la población natural. Otro factor es que el tipo de inoculante debe ser específico para el forraje que se va a ensilar. También otra situación es cuando el contenido de azúcares en el forraje es bajo, debido a que los azúcares son el principal substrato que estas bacterias necesitan para la producción de ácido láctico. Esta situación se puede presentar en forrajes con

alto contenido de materia seca y en alfalfa. Se ha observado que el ataque de organismos bacteriófagos a las bacterias productoras de ácido láctico se presenta en forrajes con alto contenido de humedad y cuando se tienen ensilajes de baja calidad.

En estudios realizados con *Lactobacillus plantarum* se mejoró el consumo de materia seca y la producción de leche en 0.5 Kg. de materia seca por día y 1.2 litros de leche por vaca por día, respectivamente. Estos efectos positivos se han observado en diferentes forrajes como alfalfa, maíz y zacates (Núñez, 2000).

Hay casos que cuando la producción del ganado se incrementa, también aumenta la digestibilidad de los ensilados; sin embargo, en algunos procesos esta situación no se da. Los inoculantes pueden tener un efecto probiótico al inhibir organismos detrimentales o un efecto similar al que tienen los prebióticos en el rumen del ganado. Probablemente los efectos positivos de los inoculantes en el ensilaje se deban a que los productos de la fermentación (ácido láctico) favorecen más el desarrollo de los microorganismos del rumen, mejoran la aceptación por los animales al inhibir la formación de ácido acético y etanol, así como toxinas que causan organismos indeseables. Es importante señalar que la utilización de inoculantes no suple las prácticas comunes para tener un buen ensilaje.

Para el uso de aditivos se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- a) Comprar productos que especifiquen el forraje en que se deben usar. Si no existe en el mercado, emplear otro producto que sea para un cultivo similar. Por ejemplo, para gramíneas emplear inoculante para maíz y en leguminosas, utilizar inoculante para alfalfa.

- b) Elegir un producto que suministre al menos 90 mil millones de bacterias vivas productoras de ácido láctico por tonelada de materia verde. Observando que las bacterias que contenga sean al menos una de las siguientes: *Lactobacillus spp*, principalmente de la especie *L. plantarum*, así como *Enterococcus (Streptococcus spp)* o *Pediococcus spp*.
- c) Si el producto contiene *Propionibacterium spp*, tomar en cuenta que estas bacterias producen ácido propiónico y si bien mejoran la estabilidad de los ensilados en el comedero, no mejoran la fermentación. Por lo general, estas bacterias son menos efectivas ya que son menos competitivas que las bacterias productoras de ácido láctico, excepto en condiciones donde ocurren fermentaciones lentas.
- d) Los productos que se aplican en forma líquida permiten una aplicación más uniforme que un producto en polvo.
- e) El agua que se utilice en la aplicación de inoculantes bacterianos líquidos no debe contener cloro, ya que éste mata las bacterias productoras de ácido láctico.
- f) Es mejor aplicar el inoculante bacteriano al momento del picado que en el silo.

Problemas durante el proceso del ensilaje

La fallar más común es la falta de compactación, que origina exceso de oxígeno en el silo, y por lo tanto una fermentación inicial muy fuerte, con una alza anormal de la temperatura, resultando mal sabor y pérdida de proteína del ensilaje. El exceso de fermentación ácida puede perjudicar, mas aun si hay producción de ácido butírico (que provoca un olor muy penetrante); esta situación puede ocurrir en ocasiones por una gran cantidad de CHO's.

Los problemas más comunes durante el proceso del ensilaje son:

- Retraso en el llenado del silo.
- Forrajes con demasiada humedad.
- Longitudes de picado muy grandes.
- Sellado inadecuado del silo.
- Lenta remoción del ensilado durante el vaciado.
- Uniformidad inexistente en la remoción del ensilado.
- Deterioro aeróbico del forraje ensilado.

Pellets de Alfalfa

La necesidad de utilizar suplementos proteicos en alimentación animal se ve satisfecha por una variada gama de productos de origen vegetal. Entre ellos que se encuentra el pellet de alfalfa, muy poco difundido en nuestro país.

La alfalfa deshidratada en gránulo o pellet es ideal para el ganado ovino, porcino, caprino, avestruces y conejos. También es frecuentemente utilizado como integrante de compuestos para aves. En bovinos y equinos no es recomendable como reemplazo total de la dieta ya que tiene fibras muy cortas, que dificultan la digestión de los animales. En el proceso industrial la alfalfa pasa por un molino en donde el material es finamente molido dejando partículas de fibras del tamaño de uno a dos milímetros. El gránulo o pellet presenta un diámetro de seis u ocho milímetros.

Características

Es un producto de origen industrial cuya materia prima es la alfalfa deshidratada. Como ventaja comparativa, hacia otros productos proteicos, es una fuente de vitaminas, minerales y proteína no degradable, además de tener una buena palatabilidad. Al igual que otras fuentes proteicas, mejoran el consumo y utilización de forrajes de baja calidad. A esto contribuye la mayor densidad de los comprimidos comparado con los henos en forma de rollo, dado que ocupa menor volumen ruminal. Además del suministro directo, las empresas de alimentos balanceados, lo procesan para utilizarlo como uno de los componentes en la fabricación de otros alimentos (E-CAMPO, 2005).

Entre las principales ventajas en el uso del Pellet de Alfalfa, se mencionan las siguientes:

- No produce timpanismo y evita la acidosis.
- Se puede regular con mayor facilidad el consumo diario por animal.
- Se puede suministrar con otros suplementos sólidos.
- Ahorro en el transporte y almacenamiento ya que posee mayor peso por unidad de volumen.
- El almacenamiento es más higiénico, mantiene la calidad y las pérdidas son despreciables permitiendo largos períodos de almacenamiento.
- Se aprovecha un 20 por ciento más que el heno (no hay desperdicios en el suelo).
- Posee un alto contenido en proteína.
- Mejor accesibilidad por parte de los animales al alimento.

- Posibilita la distribución de un alimento proteico en forma de concentrado.
- Alimento rico en β -caroteno, provitamina A, calcio, fósforo y magnesio.

Los pellets de alfalfa no abundan en el mercado nacional, debido a que en general no hay una producción muy desarrollada. Con respecto al desarrollo de tecnología nacional para la industrialización, es escasa por no ser un tema muy explorado y el acceso a esa tecnología es muy costoso. Es una alternativa interesante, ya que se puede dar un gran valor agregado a una especie forrajera muy común, al ser una opción más para utilizar como suplemento proteico (Figura 16).



Figura 16. Pellets de alfalfa.

Cubos de Alfalfa

Otra de las opciones de comercialización es la alfalfa en cubo. Para la elaboración del cubo, la alfalfa sufre un proceso de picado anterior a la deshidratación, obteniéndose un producto con una fibra de tres centímetros de longitud. Los cubos son pequeños prismas rectangulares de 96 cm^3 , compuestos por alfalfa picada y deshidratada. El cubo posee una fibra larga que tiene mayores virtudes que los cubos más pequeños, o los pellets (Figura 17).

Se recomiendan principalmente para la alimentación de toros de lidia, ganado equino y cinegético. A diferencia de otros formatos, éste es especialmente recomendado en el caso de ganaderías extensivas, puesto que al dosificarse directamente en el campo, se evitan las mermas. Entre sus características, destaca que no desprende partículas polvorientas al quedar el cubo bien compactado y posee una longitud de fibra mínima requerida para la rumia (NAFOSA, 2005).



Figura 17. Cubos de Alfalfa.

PASTOREO EN PRADERAS DE ALFALFA

El pastoreo es una alternativa 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 (INFOAGRO, 2005).

El pastoreo de un alfalfar (Figura 18), reduce los costos de aprovechamiento de este forraje; sin embargo, es necesario escoger la época apropiada para realizar esta práctica. Tomando en cuenta que las pezuñas de los animales dañan seriamente las plantas, el pastoreo debe efectuarse en la época seca del año, cuando el suelo está firme. No debe ser continuo, ni al ras del suelo, por el contrario, debe seguirse un sistema de rotación del ganado en las parcelas, con el fin de permitir un descanso de un mes a cada una de ellas. Si se toman en cuenta estas recomendaciones se puede conservar un alfalfar sano y vigoroso por mucho tiempo (Ramírez, 1974).

Al considerar el tema de asociación alfalfa-gramíneas para pasturas, se debe prestar especial atención a aspectos que están relacionados con el manejo del pastoreo y el grado de reposo invernal de la alfalfa a utilizar.

En las pasturas asociadas con gramíneas, el cambio de parcelas es más complicado ya que el animal selecciona entre especies. Es conveniente la utilización de mezclas simples, ya que las complejas dificultan o imposibilitan el manejo de los tiempos para cada especie.



Figura 18. Vacas en pastoreo en una pradera de Alfalfa.

ASOCIACION DE ALFALFA CON GRAMINEAS

En México la producción de leche se obtiene de las zonas templadas y semiáridas y depende en gran medida del cultivo de la alfalfa como principal fuente de forraje. En estas regiones, con sistemas especializados de producción de leche en confinamiento total, la alfalfa se maneja en la mayoría de los casos por corte. Con excepción de los sistemas de producción de leche que utilizan el pastoreo en estas regiones, es muy raro encontrar cultivos de alfalfa que siembren en asociación con pastos mejorados.

La utilización de praderas asociadas, gramíneas-leguminosas, se justifica por las ventajas que se obtienen al lograrse un establecimiento más rápido, mejor distribución estacional de la producción de forrajes y mayor valor nutritivo de la dieta. De igual importancia es la economía que se logra por el menor uso de fertilizantes nitrogenados.

La alfalfa es una especie que puede sembrarse perfectamente en asociaciones con la totalidad de las gramíneas de climas templados. Las razones por las que se propicia la pradera polifítica son básicamente: la oferta de una dieta más equilibrada, la importancia de la presencia de las gramíneas para la recuperación de la estabilidad estructural del suelo y la ayuda para la disminución de la problemática del timpanismo.

Se debe recordar que las producciones de forraje resultan similares y que la posibilidad de utilización de alfalfas sin latencia invernal constituye un valioso aporte para la disponibilidad de forraje en el período otoño-invierno.

Sin embargo, para lograr una buena asociación de alfalfa con pastos mejorados deberán tenerse en cuenta factores climáticos como:

- a). Utilizar plantas bien adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas del terreno.
- b). Seleccionar especies y cultivares de leguminosas y gramíneas compatibles.
- c). Poner en la mezcla mayor cantidad de semilla de leguminosa que de gramínea.

También se debe tomar en cuenta la compatibilidad de las especies que se van a asociar. Las especies preferentemente deberán tener hábitos de crecimiento y maduración similar, de no ser así será más difícil encontrar el momento óptimo de cosecha, en donde se alcance la mayor calidad y producción de la pradera.

A diferencia de algunos países como Canadá o Estados Unidos de América, donde los inviernos son severos y prolongados, México tiene zonas de producción de leche con condiciones climáticas favorables para la producción de carne y leche a la intemperie durante todo el año. La ausencia de inviernos crudos y prolongados en las zonas productoras de leche en el centro de México, permite el crecimiento de las especies forrajeras durante el invierno y la posibilidad de uso directo por el animal a través del pastoreo. El sistema de producción de leche en pastoreo en la zona templada de México gana cada día más adeptos, como lo demuestran los recientes desarrollos lecheros en los estados de Guanajuato, Estado de México, Puebla e Hidalgo. Este sistema se ha basado fundamentalmente en el establecimiento de praderas de alfalfa mezcladas con pastos mejorados como ballico perenne (*Lolium perenne*), pasto ovilla (*Dactylis glomerata*) y las nuevas variedades de festuca alta (*Festuca arundinaceae*), respectivamente (Camacho, 2003).

La alfalfa constituye la base de la mezcla, indicándose la necesidad de la participación de una gramínea perenne y otra de ciclo anual. Entre las primeras la festuca alta es la más difundida en los sistemas de producción de carne por su rusticidad, perennidad, buen poder de

producción de pasto y aceptable calidad forrajera. Esta especie se expresa con mejores actuaciones cuando se asocia a materiales de alfalfa de reposo invernal intermedio a largo.

El pasto ovillo, ideal para mezclas con alfalfas de los grupos 8-9 por su baja exigencia en luminosidad, es una valiosa gramínea de ciclo perenne, pero demanda ambientes muy favorables. En el grupo de las gramíneas anuales, sobresale el rye grass anual (*Lolium multiflorum*), de excelente palatabilidad y producción de forraje, pero muy exigente en fertilidad y humedad del suelo.

En algunas regiones de Sinaloa acostumbran sembrar pasto sudán (*Sorghum sudanensis*) sobre el alfalfar antes del descenso de producción, compensando así el tonelaje de forraje que el ganado necesita principalmente en la época de verano (Serrano, 1973).

Un factor importante para lograr el éxito en las mezclas, es el sistema de siembra a utilizar. Existen tres alternativas: siembra en línea alterna, en el mismo surco y al voleo. En términos generales el sistema de línea alterna favorece el equilibrio de la mezcla. En la siembra en el mismo surco tenemos gran competencia entre especies corriendo el riesgo de desequilibrar la misma y en la siembra al voleo se debe aumentar la densidad de siembra en un 20 o 30 por ciento.

VALOR NUTRITIVO DE LA ALFALFA

El valor nutritivo de los forrajes es el producto de la concentración de nutrientes, consumo, digestibilidad y metabolismo de los productos digeridos por los animales. Los nutrientes en los forrajes que proporcionan energía son los carbohidratos, proteínas y lípidos, pero los primeros son los más importantes, porque generan más del 80 por ciento de la energía.

En general, los carbohidratos se clasifican en aquellos que están en los contenidos celulares, los cuales son casi completamente digestibles y los que componen las paredes celulares, son menos digestibles y con gran variación en su digestibilidad.

La relación entre la digestibilidad de los forrajes y el contenido de paredes celulares o Fibra Detergente Neutro (FDN) es inversa como se muestra en la Figura 19. El contenido bajo de paredes celulares de la alfalfa favorece su valor energético, fermentación en el rumen y consumo por los animales.

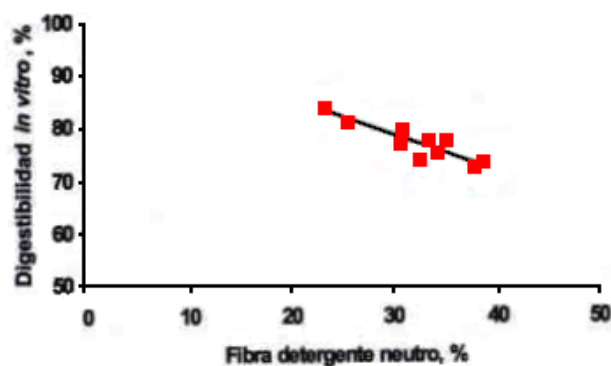


Figura 19. Relación entre el contenido de FDN y digestibilidad verdadera *in vitro* de la alfalfa (Núñez, 2000).

La digestibilidad se refiere a la parte del forraje consumido que no es excretado en las heces fecales. Debido a que en las excreciones fecales existen sustancias que no provienen de los forrajes, este término es llamado digestibilidad aparente. La digestibilidad se puede determinar con animales (digestibilidad *in vivo* o *in situ*) o también en el laboratorio (digestibilidad *in vitro*). Ambas determinaciones están relacionadas entre sí, aunque normalmente la digestibilidad *in vitro* puede ser mayor que la obtenida *in vivo*, ya que no considera el efecto del nivel de consumo de los animales y la tasa de paso a través de su tracto digestivo. La importancia de la digestibilidad de los forrajes se puede manifestar en aumentos de 0.170

kilogramos en el consumo de materia seca y de 0.250 kilogramos en la producción de leche por vaca por día por unidad de incremento en la digestibilidad.

La FDN de la alfalfa se digiere más rápidamente que la de otros forrajes, lo cual influye en que la reducción de la digestibilidad potencial sea menor en comparación a otros forrajes cuando los animales tienen consumos altos de materia seca como es el caso de las vacas lecheras (Núñez, 2000).

Los animales obtienen la energía de los forrajes mediante la digestión y metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas. Debido a que durante los procesos de digestión y metabolismo, existen pérdidas a través de las heces fecales, excreción de la orina, producción de calor durante la fermentación ruminal y en el metabolismo de nutrientes, las determinaciones de energía digestible, metabolizable o neta, son más apropiadas para evaluar los forrajes, así como para la formulación de raciones para el ganado.

Los forrajes no tienen un valor único de energía para todas las funciones de los animales, debido a que la energía se utiliza con una eficiencia diferente para cada una de ellas. Al valor energético de los alimentos para la producción de leche en el sistema de los Estados Unidos de América se le denomina energía neta de lactancia (ENL). Las estimaciones de energía neta de lactancia de los forrajes, generalmente se obtienen a partir de determinaciones de fibra detergente ácido (FDA). Esta determinación incluye las sustancias menos digestibles de la pared celular como son la celulosa y lignina.

La Figura 20 muestra la relación entre la fibra detergente ácida (FDA) y la energía neta de lactancia para alfalfa en la Región Lagunera. Esta relación se puede emplear tanto para primavera como verano.

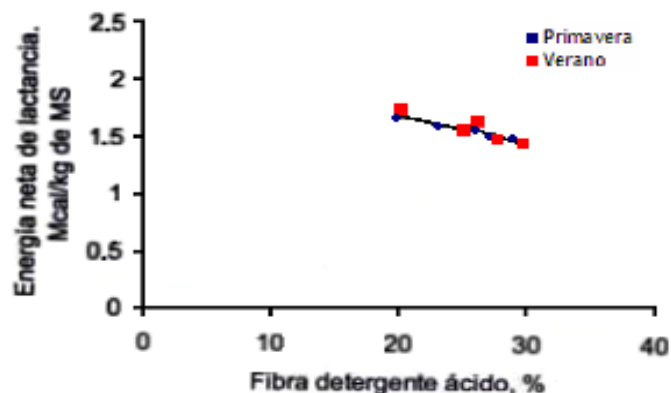


Figura 20. Relación entre la FDA y la ENL de la alfalfa en la Región Lagunera (Núñez, 2000).

La alfalfa se caracteriza por una concentración alta de proteína cruda, la mayor parte de la cual, es proteína degradable en el rumen (74-79 por ciento). En términos nutricionales, la alfalfa con más de 22 por ciento de proteína cruda no tiene ninguna ventaja en proteína metabolizable (proteína absorbida en el intestino delgado), debido a que los aumentos de proteína cruda por encima del nivel mencionado son proteína degradable que no puede ser utilizada por los microorganismos del rumen, ya que rebasan su capacidad de síntesis de proteína.

Un valor adicional de la alfalfa es que ayuda a mantener un pH adecuado en el rumen. La fibra de la alfalfa tiene una capacidad amortiguadora alta que le permite el intercambio de cationes cargados positivamente (Na, K, Mg y Ca) por hidrógenos cuando baja el pH en el rumen. En contraste, los forrajes como el ensilado de maíz y otras gramíneas solo tienen de 1/3 a 1/2 de la capacidad amortiguadora de la alfalfa en el rumen.

El contenido mineral del heno de alfalfa, disminuye con el desarrollo del cultivo. La alfalfa se caracteriza por un mayor contenido de potasio, calcio, fósforo, magnesio y cobre que otros forrajes como ensilados de maíz y sorgo, avena y ballico anual. De estas características, es

importante señalar el cuidado en la alimentación de vacas secas con alfalfa con alto contenido de potasio, ya que puede incrementar la incidencia de fiebre de leche (Núñez, 2000).

Factores Que Afectan El Valor Nutritivo De La Alfalfa

Estación del Año

Existen investigaciones que indican que la alfalfa disminuye su digestibilidad en verano en comparación a la primavera. En la Región Lagunera, se ha observado que en el verano, la digestibilidad de la alfalfa es menor que en la primavera principalmente en estados avanzados de floración.

De los factores ambientales, la luz promueve la síntesis de carbohidratos solubles y por lo tanto aumenta la digestibilidad. Otro factor ambiental que afecta el valor nutritivo de los forrajes es la temperatura. Las temperaturas altas disminuyen la digestibilidad debido al aumento en la concentración de la fibra y reducción de carbohidratos solubles y proteína; además, también se ha reportado que promueve un aumento del grosor de las paredes celulares. Cuando la temperatura es superior a los 20 a 22 °C, la digestibilidad de las leguminosas de clima templado como la alfalfa puede disminuir hasta en siete unidades porcentuales.

Variedades

Existen evidencias que la variación genética en alfalfa permite tener variedades superiores hasta en seis unidades porcentuales en digestibilidad. Por otra parte, se han reportan variedades superiores en más de cinco unidades en su contenido de proteína cruda. En la Región Lagunera, las diferencias en proteína cruda entre las variedades han sido hasta de 2.5 unidades porcentuales y de tres a cuatro unidades porcentuales en TND.

Las variedades de alfalfa de alta calidad nutritiva denominadas HQ (High Quality) pueden tener mayor digestibilidad y energía neta de lactancia (Cuadro 21). Estas diferencias equivalen a 100 kg de leche más por cada tonelada de materia seca en comparación a variedades normales.

Cuadro 21. Calidad nutritiva de variedades normales y de alta calidad (HQ) de alfalfa (Núñez, 2000).

	Variedad Normal	Variedad HQ
Proteína Cruda %	23.7	24.9
Fibra Detergente Neutro %	36.9	35.2
Fibra Detergente Ácido %	28.6	27.1
Lignina %	6.6	6.1
Digestibilidad <i>in vitro</i> %	79.6	82.8

Etapas de Madurez

La decisión de cuándo realizar el corte es importante porque afecta la producción, calidad nutritiva y productividad de la alfalfa. El corte de la alfalfa en estado de botón permite obtener forraje con mayor valor nutritivo pero menos rendimiento; además afecta la vida productiva de los alfalfares.

En el Cuadro 22, se presenta un resumen de la calidad nutritiva de henos de alfalfa en los principales estados de desarrollo. El porcentaje de proteína cruda y la energía neta de lactancia disminuyen a medida que avanza el estado de desarrollo de la alfalfa, mientras que la concentración de fibra detergente neutro aumenta con el estado de madurez. Las relaciones

mencionadas se manifiestan más cuando la alfalfa se henifica debido a la pérdida de hojas, ya que los tallos presentan una mayor disminución de su contenido de proteína y digestibilidad que las hojas.

Cuadro 22. Calidad nutritiva del heno de alfalfa a diferente estado de desarrollo (Núñez, 2000).

Estado de Desarrollo	Proteína Cruda (%)	Fibra Detergente Neutro	Energía Neta de Lactancia (%)
Vegetativo	> 21	< 39	1.46- 1.50
Botón	19-21	37-40	1.41-1.45
Inicio de floración	17-19	40-46	1.35-1.40
Floración media	13-16	47-51	1.20-1.30
Floración completa	< 13	> 51	< 1.20

Existen evidencias que las vacas alimentadas con raciones con alfalfa cortada en estado de crecimiento vegetativo o botón producen más leche que cuando se proporciona alfalfa en floración. Mientras otros autores indican que la utilización de alfalfa cortada después del 50 por ciento de botón disminuye la producción de leche de vacas altas productoras (más de 40 kg de leche por día) en 0.200 kg por día, pero este efecto negativo es de solo 0.130 kg por día en vacas con una producción de 30 kg de leche diaria e insignificante en vacas con menos de 20 kg por día de producción de leche. Se considera que el beneficio de la utilización de alfalfa de calidad suprema (menos de 40 por ciento de FDN) es pequeño e incluso detrimental aún en vacas altas productoras, en comparación a la alfalfa con 40 a 45 por ciento de FDN (Núñez, 2000).

Método de Conservación

La alfalfa verde tiene más proteína y menos concentraciones de fibra y lignina que el heno o ensilado de alfalfa (Cuadro 23). Durante el henificado y ensilaje de la alfalfa pueden ocurrir reacciones ocasionadas por temperaturas altas que pueden inducir aumentos en las fracciones de fibra y disminución en la disponibilidad de la proteína. La proteína de la alfalfa ensilada es degradada por enzimas proteolíticas durante el proceso de ensilaje, lo cual ocasiona que hasta un 50 por ciento se encuentre en forma de nitrógeno no proteínico. Este cambio puede llegar a afectar la producción de leche de vacas alimentadas con ensilado de alfalfa. Dicha situación se resuelve con la inclusión de fuentes adecuadas de proteína de sobrepaso en las raciones.

La alfalfa ensilada parece tener un valor nutritivo ligeramente mejor al heno de alfalfa (Cuadro 24). Algunas razones para dichas diferencias son que la alfalfa ensilada tiene una digestión más rápida y ocupa menos volumen en el rumen que el heno de alfalfa.

Cuadro 23. Nutrientes y digestibilidad *in vitro* de la alfalfa en diferentes estados (Núñez, 2000).

Análisis	Verde	Heno	Ensilado
Proteína Cruda %	19.3	13.5	16.7
Fibra Detergente Neutro %	36.1	45.4	44.2
Fibra Detergente Ácido %	27.9	38.8	34.5
Lignina %	6.3	10.2	7.3
Digestibilidad <i>in vitro</i> %	79.5	71.7	74.1

Cuadro 24. Producción de leche, contenido de grasa y proteína con raciones de heno o ensilado de alfalfa (Núñez, 2000).

Investigación	Tipo de Conservación	Leche (%)	Grasa (%)	Proteína (%)
1	Ensilaje	38.1 ¹	3.33	2.98
	Heno	30.7 ¹	3.54	2.94
2	Ensilaje	28.7 ¹	3.33	3.02
	Heno	28.1	2.90	3.02
3	Ensilaje	35.7 ¹	3.06	-
	Heno	34.7 ¹	2.96	-
4	Ensilaje	26.9 ²	3.34	3.14
	Heno	25.7 ²	2.90	3.19
5	Ensilaje	34.9 ¹	3.34	3.02
	Heno	33.5 ¹	3.14	3.08
6	Ensilaje	27.1 ¹	3.30	2.90
	Heno	29.9 ¹	3.10	2.30

¹ 3.5% de grasa corregida en leche

² 4.0% de grasa corregida en leche

UTILIZACIÓN DE LA ALFALFA

Alimentación de Vacas Lecheras

El bovino forma parte del grupo de animales correspondientes a la familia de los rumiantes, los que tienen entre sus características el convertir en productos de elevada calidad nutritiva materiales que no pueden ser aprovechados por el hombre en su alimentación; entre los bovinos, la vaca especializada en producción de leche es muy eficiente en convertir la fibra, el nitrógeno y la energía de su dieta en leche. Para lograr una alta eficiencia se requiere de la adecuada aplicación de las diferentes prácticas de manejo entre las que destaca una buena

alimentación de la vaca. Dentro del costo diario promedio de una vaca destinada a la producción de leche, se considera el 63 por ciento en gastos de alimentación.

La cantidad de leche producida por un determinado animal es el resultado de una serie de acciones combinadas, donde las variaciones en la producción de leche corresponden en 50-60 por ciento a la nutrición y tipo de dieta. De lo anterior se aprecia la importancia que tiene la determinación de los objetivos al realizar el programa de alimentación, debiendo considerar cumplir los requerimientos de la vaca y asegurarse que los alimentos suministrados lleguen al rumen (Ávila y Gutiérrez, 2002).

Los requerimientos de los animales se asocian a la composición de los alimentos, sin la cual no es posible pretender satisfacer un requerimiento en específico, cabe aclarar que la composición de los alimentos es muy variable, especialmente la de los forrajes, lo cual es de trascendental importancia ya que la dieta normal del bovino es a base de forrajes y en ciertos periodos de su desarrollo constituye casi toda la materia seca consumida, y en otros casos (vacas en pico de lactación) hasta el 50 por ciento de la materia seca (Gasque y Posadas, 1998).

La estructura de una ración para vacas lecheras, en estabulación principalmente, es de suma importancia, ya que de su composición se puede asegurar un consumo de materia seca adecuado, lo que permitirá que los animales consuman los nutrimentos necesarios que sostengan el nivel de producción de leche y, a la vez, conserven su condición corporal lo más normal posible.

La primera fracción de una ración lo constituyen los forrajes, ya que se está alimentando animales herbívoros rumiantes y su ración debe tener una proporción adecuada de forrajes para mantener en buen estado funcional su tracto gastrointestinal, en particular el retículo

rumen. Por otro lado, el ganadero se apoya mucho en los forrajes, ya que son la porción de la ración barata (USDA, 2005).

Las leguminosas (alfalfas y tréboles) son el principal forraje para vacas lecheras en producción. Se debe hacer notar que la alfalfa es un excelente forraje, muy gustoso, por su alto contenido de proteínas, calcio, elevada digestibilidad y su mediano contenido en energía.

En la alimentación de bovinos lecheros, la alfalfa, se puede proporcionar en verde (verde o corte directo), henificada o ensilada. No se recomienda alimentar al hato lechero exclusivamente con alfalfa verde, ya que se pueden tener problemas de timpanismo (Quiroga et al., Sin fecha).

La inclusión de alfalfa ensilada o henificada es recomendable en 1/3 a 2/3 del forraje en las raciones para vacas lecheras de alta producción (Figura 21). La inclusión de ensilados de maíz, sorgo o cereales con alfalfa en raciones para vacas lecheras permite obtener buena producciones de leche (Cuadro 25); sin embargo, la utilización de dichos forrajes en más de un 75 por ciento en las raciones puede disminuir el consumo y la producción de vacas altas productoras de leche.



Figura 21. Vacas lecheras alimentadas con heno de Alfalfa.

La utilización de la proteína en raciones con alfalfa para vacas lecheras se puede mejorar con la suplementación de fuentes de proteína con baja degradabilidad ruminal o incrementando la proteína microbiana sintetizada en el rumen mediante la adición de fuentes de energía fermentable en el rumen (Núñez, 2000).

Estudios recientes muestran que la alfalfa acumula azúcares durante el día, el contenido de azúcar de la alfalfa cortada en la tarde es mayor que el de la alfalfa cortada en la mañana. Las vacas lecheras comen más de la alfalfa cortada en la tarde que de la alfalfa cortada en la mañana (AGRIBIOTECH, 2005).

Cuadro 25. Consumo de materia seca, producción de leche, contenido de grasa y proteína en raciones de alfalfa y su mezcla con otros forrajes (Núñez, 2000).

Investigación	Ración	Consumo de Materia Seca kg/vaca/día	Leche kg/día	Grasa %	Proteína %
1	Alfalfa ensilada (100%)	20.9	31.0 ¹	3.53	3.08
	Alfalfa ensilada (66%) + ensilado de maíz (33%)	21.4	32.9 ¹	3.67	3.15
	Alfalfa ensilada (33%) + ensilado de maíz (66%)	21.1	31.8 ¹	2.65	3.19
2	Heno de alfalfa (100%)	19.4	28.3 ¹	3.90	2.70
	Heno de alfalfa (50%) + ensilado de sorgo (50%)	20.3	29.2 ¹	3.20	2.70
3	Heno de alfalfa (100%)	20.4	30.7 ²	3.68	3.06
	Heno de alfalfa (66%) + ensilado de cereal (34%)	20.2	31.7 ²	3.86	3.06
	Heno de alfalfa (34%) + ensilado de cereal (66%)	18.7	31.0 ²	3.74	2.90
4	Alfalfa (100%)	23.7	30.3 ¹	3.50	3.10
	Alfalfa (50%) + ensilado de avena (50%)	21.0	30.6 ¹	3.60	2.80
	Alfalfa (50%) + ensilado de trigo (50%)	22.0	29.5 ¹	3.50	2.90

¹ Producción de leche corregida al 3.5% de grasa.

² Producción de leche corregida al 4.0% de grasa.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la información descrita en este documento se pueden concluir los siguientes puntos:

- La Alfalfa es considerada la "Reina de los Forrajes" por la mayoría de productores pecuarios, ya que al ser una especie perenne, con facilidad de manejo en producción y cosecha, y un porcentaje alto de Total de Nutrientes Digestibles (TND), proporciona grandes concentraciones de nutrimentos, elevado consumo, digestibilidad y metabolización de estos por los animales.
- Al ser una especie cultivada en la mayoría de los estados de la República Mexicana, se tienen valores de producción (\$/ton) muy heterogéneos, ya que en los estados definidos con alto índice de producción, el valor en base al costo por tonelada de Alfalfa es de los más bajos.
- El principal inconveniente que se tiene en las regiones alfalferas, estriba en que el cultivo de alfalfa es uno de los que requieren mayores demandas hídricas, por tal motivo se están realizando cambios en las estructuras de riego, para eficientar más el uso de agua en base al porcentaje de materia seca producida.

- La primordial utilización de la Alfalfa es como forraje verde (verdeo), heno y ensilado, para la alimentación de vacas lecheras y en menor escala para la elaboración de concentrados para ganado de carne, caballos y especies menores como aves, cerdos, conejos y ganado ovicaprino; por su excelente calidad forrajera (20-24 por ciento de PC) y una alta producción de forraje (100-110 ton de forraje verde/ha/año).
- Es importante señalar la rotación del cultivo, con una especie anual, para no tener problemas de Alelopatía. Además de una buena preparación del terreno, densidad de siembra adecuada, fertilización y humedad. También es importante utilizar semillas de buena calidad, que resistan a las posibles enfermedades y factores que disminuyan los rendimientos esperados.
- Es la principal leguminosa forrajera en el mundo y en México, aun contando con la suficiente tecnología para siembra, cosecha y almacenamiento existen regiones en nuestro país donde se sigue cosechando manualmente con herramientas superficiales como la hoz y guadaña, ya sea por lo accidentado del terreno o el escaso alcance económico del productor; estos factores influyen en los rendimientos que se esperan durante la producción.
- Existe bastante información de esta leguminosa, sin embargo resulta contraproducente que los rendimientos en temporadas críticas siempre están por debajo de los niveles deseados y sabiendo que para esas épocas se puede compensar en algunos casos con una asociación de Alfalfa-gramíneas, en muchas regiones no se realizan estas mezclas; tal vez por la poca información que posea el productor. Se debe poner énfasis en la

investigación de dicha asociación de acuerdo a las características de las diferentes zonas de producción.

- El uso de Pellets y Cubos de Alfalfa en la alimentación animal es una alternativa viable, ya que se puede dar un gran valor agregado a esta leguminosa. En cuanto al mercado de estos productos, no existe una producción abundante y hay muy poco conocimiento por parte de los productores.

LITERATURA CITADA

- Ávila, T., S. y A. Gutiérrez C. 2002. Producción de Ganado Lechero. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México. 62 p.
- Camacho, G., J. L. y J. G. García M. 2003. Producción y Calidad del Forraje de Cuatro Variedades de Alfalfa Asociadas con Trébol Blanco, Ballico Perenne, Festuca Alta y Pasto Ovillo. Revista Veterinaria México. Vol. 34. No. 2. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México. 221 p.
- Cantú, B., J. E. 1985. Apuntes de Cultivos Forrajeros. 1ª Edición. Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL). Torreón, México. 82 p.
- Castro, M., E. 2000. Producción y Utilización de la Alfalfa en la Zona Norte de México. Maleza de la Alfalfa. Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIRNOC), Campo Experimental La Laguna (CELALA). Torreón, México. 102 p.
- Chew, M., Y. H. 2000. Producción y Utilización de la Alfalfa en la Zona Norte de México. Enfermedades de la Alfalfa. Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIRNOC), Campo Experimental La Laguna (CELALA). Torreón, México. 102 p.
- Cueto, W., J. A. y H. M. Quiroga G. 2000. Producción y Utilización de la Alfalfa en la Zona Norte de México. Fertilización de la Alfalfa. Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIRNOC), Campo Experimental La Laguna (CELALA). Torreón, México. 102 p.
- Espinoza, C., J. M. y J. L. Ramos G. 1997. El Cultivo de Alfalfa y su Tecnología de Manejo. Fundación Produce Aguascalientes, A. C. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico No. 22. México. 10 p.
- Gallardo, N., J. L. 2004. Situación Actual de la Producción de Leche de Bovino en México. Coordinación General de Ganadería, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. 40 p.

- García C., R. 1978. El Cultivo de la Alfalfa en el Bajío. Circular No. 61. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro de Investigaciones Agrícolas del Bajío (CIAB). México. 12 p.
- Gasque, G., R. y E. Posadas M. 1998. Requerimientos Nutricionales del Ganado Bovino Lechero. Manual de Complementación Didáctica para la Asignatura de Alimentación. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de México (UNAM). México. 31 p.
- López, D., U., E. Gutiérrez O. y H. Ibarra G. 1998. Primer Taller sobre "Conservación de Forraje, Ensilaje y Henificación". Memoria. Unión Ganadera Regional de Nuevo León, Cd. Guadalupe N. L. México. 67 p.
- Martínez, M., E. 1993. Establecimiento y Explotación del Cultivo de la Alfalfa (*Medicago sativa*) en el Rancho Sta. Emilia mpio. Mazapil, Zacatecas. Memorias de Experiencia Profesional. Licenciatura. División de Carreras Agronómicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL). Torreón, México. 70 p.
- Moreno, D., L., D. García A. y R. Faz C. 2000. Producción y Utilización de la Alfalfa en la Zona Norte de México. Manejo del Riego en la Alfalfa. Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIRNOC), Campo Experimental La Laguna (CELALA). Torreón, México. 102 p.
- Núñez, H., G. 2000. Producción y Utilización de la Alfalfa en la Zona Norte de México. Métodos de Conservación de Alfalfa. Valor Nutritivo de la Alfalfa. Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIRNOC), Campo Experimental La Laguna (CELALA). Torreón, México. 102 p.
- Quiroga, G., H. M. 2000. Producción y Utilización de la Alfalfa en la Zona Norte de México. Manejo de la Alfalfa en Producción. Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIRNOC), Campo Experimental La Laguna (CELALA). Torreón, México. 102 p.
- Quiroga, G., H. M. y J. J. Márquez O. 2000. Producción y Utilización de la Alfalfa en la Zona Norte de México. Establecimiento de la Alfalfa. Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIRNOC), Campo Experimental La Laguna (CELALA). Torreón, México. 102 p.
- Quiroga, G., H. M., J. A. Cueto. W., E. Castro. M. y E. Moreno A. (Sin fecha). Guía para Cultivar Alfalfa en la Región Lagunera. Folleto para Productores No. 15. CIFAP-Región Lagunera. México. 16 p.
- Ramírez, D., M. y U. Nava C. 2000. Producción y Utilización de la Alfalfa en la Zona Norte de México. Plagas de la Alfalfa. Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de

- Investigación Regional Norte Centro (CIRNOC), Campo Experimental La Laguna (CELALA). Torreón, México. 102 p.
- Ramírez, L., M. 1974. El Cultivo de la Alfalfa en México. 2ª Edición. Dirección General de Extensión Agrícola. Chapingo México. 24 p.
- Rivera, P., F. J. de., M. Hernández M., F. Galván C., L. G. García F. y R. Betancourt M. 2004. Alternativas Forrajeras para Guanajuato. Revista. Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SDA) Guanajuato, México. 24 p.
- Robles, S., R. 1981. Producción de Granos y Forrajes. 2ª Edición. LIMUSA. México. 592 p.
- Salinas, C., S. y J. M. Urbiola L. 1981. Guía para Cultivar Alfalfa en Guanajuato. Folleto para Productores No. 4. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). México. 17 p.
- Santamaría, C., J., G. Núñez H., G. Medina G. y J. A. Ruiz C. 2000. Producción y Utilización de la Alfalfa en la Zona Norte de México. Potencial Productivo de la Alfalfa en México. Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIRNOC), Campo Experimental La Laguna (CELALA). Torreón, México. 102 p.
- Serrano, S., G. 1973. El Cultivo de la Alfalfa en el Valle del Fuerte. Circular 45. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (SAG), Centro de Investigaciones Agrícolas de Sinaloa (CIAS). México. 12 p.
- Shewmaker, G. E. 2005. Alfalfa the High-quality hay for Horses. National Alfalfa Alliance-United States Department of Agriculture (USDA). USA. 12 p.
- Urbiola, L., J. M. 1979. Resultados de la Investigación Agrícola en los Cultivos de Alfalfa y Avena Forrajera para el norte de Guanajuato y el estado de Querétaro. Conferencias Técnicas. Memoria. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro de Investigaciones Agrícolas del Bajío (CIAB). México. 14 p.

FUENTES DE INTERNET

www.agribiotech.com.mx

www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce

Fundación Produce Aguascalientes.

www.alfalfa.org

National Alfalfa Alliance

Alianza Nacional de Alfalfa.

www.e-campo.com

www.fao.org

Food and Agriculture Organization of the United Nations

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

www.infoagro.com

www.inifap.gob.mx

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

www.nafosa.net

www.sagarpa.gob.mx

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

www.siap-sagarpa.gob.mx

Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

www.usda.gov

United States Department of Agriculture.

Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica.

ANEXOS

Cuadro A1. Contenido de aminoácidos en por ciento de proteína bruta de la parte aérea de la alfalfa (FAO, 2005).

Aminoácidos	%
Arg.	4.5
Cis.	1.1
Gli.	4.5
His.	1.8
Isl.	3.9
Leu.	6.6
Lis.	4.3
Met.	0.9
Fen.	4.1
Tre.	4.0

Tri.	1.5
Tir.	3.3
Val.	5.1

Cuadro A2. Principales minerales presentes en la alfalfa (Núñez, 2000).

Mineral	Promedio Tablas NRC (1988)	Promedio Región Lagunera
Calcio %	1.54	1.57
Fósforo %	0.29	0.21
Potasio %	2.56	3.71
Magnesio %	0.24	0.24
Cobre mg/kg	11.0	9.41
Zinc mg/kg	25.0	25.6

Cuadro A3. Digestibilidad (%) de la alfalfa en ovinos (FAO, 2005).

	PB	FB	EE	ELN	EM
Fresca de 1 año	85.9	68.4	59.6	80.7	2.65
Fresca de 2 años	87.4	79.5	55.6	76.7	2.68
Fresca de 3 años	88.1	70.8	33.9	80.5	2.66
Fresca prefloración	89.0	45.0	50.0	76.0	2.47
Fresca principio floración	79.0	49.0	38.0	78.0	2.36
Fresca mitad floración	69.0	45.0	50.0	61.0	2.01
Harina de hojas	79.4	59.9	0.0	77.7	2.27
Heno prefloración	75.9	50.6	29.6	71.4	2.19
Heno principio floración	74.1	51.0	25.4	68.1	2.12
Heno mitad floración	74.2	51.0	21.0	68.7	2.10

Cuadro A4. Precio medio rural (\$/Ton) de alfalfa verde y achicalada, 2004 (SIAP-SAGARPA, 2005).

ESTADO	ALFALFA VERDE (\$/TON)	ALFALFA ACHICALADA (\$/TON)
AGUASCALIENTES	310.22	-
BAJA CALIFORNIA NORTE	240.00	1,303.04
BAJA CALIFORNIA SUR	-	1,033.69
CHIHUAHUA	129.55	994.24
COAHUILA	258.56	-
DISTRITO FEDERAL	620.00	-
DURANGO	254.97	1,722.52
GUANAJUATO	481.57	-
GUERRERO	410.61	-
HIDALGO	128.31	-
JALISCO	333.64	1,406.71
ESTADO DE MEXICO	348.29	-
MICHOACAN	650.75	-
MORELOS	535.14	-
NAYARIT	450.00	-
NUEVO LEON	450.00	1,095.20
OAXACA	309.02	-
PUEBLA	323.80	1,800.00
QUERETARO	298.07	-
SAN LUÍS POTOSÍ	300.00	1,277.97
SINALOA	-	1,832.63
SONORA	-	1,367.59
TAMAULIPAS	400.00	-
TLAXCALA	366.40	-
ZACATECAS	683.61	1,225.00
REGION LAGUNERA	240.63	-
PROMEDIO NACIONAL	298.16	1,159.46

Cuadro A5. Inventario nacional de bovino lechero 2003 (SIAP-SAGARPA, 2005).

ESTADO	CABEZAS	% PRODUCCION NACIONAL
AGUASCALIENTES	71, 501	3.30
BAJA CALIFORNIA NORTE	59, 951	2.76
BAJA CALIFORNIA SUR	12, 002	0.55
CAMPECHE	8, 836	0.41
CHIAPAS	28, 767	1.33
CHIHUAHUA	198, 156	9.13
COAHUILA	235, 288	10.84
COLIMA	13, 110	0.60

DISTRITO FEDERAL	12, 653	0.58
DURANGO	259, 872	11.98
GUANAJUATO	154, 443	7.12
GUERRERO	22, 111	1.02
HIDALGO	169, 463	7.81
JALISCO	220, 664	10.17
ESTADO DE MEXICO	78, 402	3.61
MICHOACAN	53, 841	2.48
MORELOS	581	0.03
NAYARIT	15, 921	0.73
NUEVO LEON	23, 340	1.08
OAXACA	14, 996	0.69
PUEBLA	179, 456	8.27
QUERETARO	72, 476	3.34
QUINTANA ROO	337	0.02
SAN LUÍS POTOSÍ	15, 225	0.70
SINALOA	15, 823	0.73
SONORA	16, 982	0.78
TABASCO	17, 909	0.83
TAMAULIPAS	1, 087	0.05
TLAXCALA	16, 224	0.75
VERACRUZ	63, 568	2.93
YUCATAN	23, 758	1.10
ZACATECAS	92, 926	4.28
TOTAL	2, 169, 669	100.00

Cuadro A6. Principales estados productores de leche 2003 (SIAP-SAGARPA, 2005).

ESTADO	PRODUCCION (MILES DE LITROS)	PARTICIPACION NACIONAL
Jalisco	1,712,562	17.40 %
Coahuila	1,058,713	10.76 %
Durango	947,934	9.63 %
Chihuahua	801,955	8.15 %
Veracruz	705,721	7.17 %
Guanajuato	647,465	6.58 %
Estado de México	486,967	4.95 %
Hidalgo	415,024	4.22 %
Aguascalientes	394,987	4.01 %
Puebla	363,296	3.69 %
Otros	2,307,798	23.45 %
Total Nacional	9,842,422	100.00 %

