

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

**“EFECTO DE DIFERENTES DÓISIS DE FÓSFORO EN EL
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y PROTEÍNA EN ALFALFA
(*Medicago sativa L.*) EN LA COSTA DE HERMOSILLO”**

T E S I S

FRANCISCO ALEJANDRO PEÑÚÑURI BALLESTEROS

JULIO DEL 2011

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

**“EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE FOSFORO EN EL
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y PROTEINA EN ALFALFA
(*Medicago sativa L.*) EN LA COSTA DE HERMOSILLO”**

T E S I S

FRANCISCO ALEJANDRO PEÑÚÑURI BALLESTEROS

JULIO DEL 2011

“EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE FOSFORO EN EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y PROTEINA EN ALFALFA (*Medicago sativa* L.) EN LA COSTA DE HERMOSILLO”

TESIS

Sometida a la consideración del
Departamento de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

Por

Francisco Alejandro Peñúñuri Ballesteros

Como requisito parcial para obtener
el título de ingeniero agrónomo

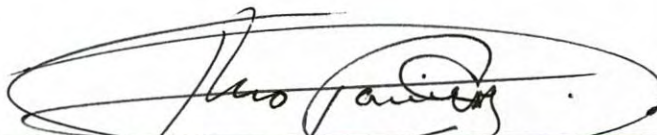
Julio del 2011.

Esta tesis fue realizada bajo la Dirección del Consejo Particular aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

INGENIERO AGRÓNOMO

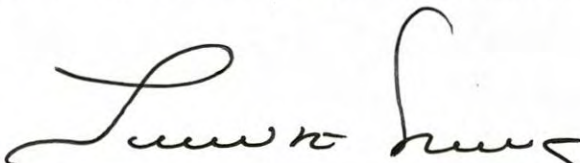
CONSEJO PARTICULAR:

DIRECTOR:



ING. FRANCISCO JAVIER PENÚÑURI MOLINA

ASESOR:



M. C. MARIA GUADALUPE CÁÑEZ CARRASCO

ASESOR:



M.C. CÉSAR ORTEGA GARCÍA

SUPLENTE



DR. MIGUEL ÁNGEL BARRERA SILVA

AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios, por darme salud y brindarme las fuerzas necesarias para cumplir con las metas que me he puesto en la vida.

A la Universidad de Sonora y al Departamento de Agricultura y Ganadería por haberme brindado la oportunidad de formarme como profesionista.

A mis padres, Francisco Javier Peñúñuri Molina y Susana Patricia Ballesteros Esquer, por darme una educación no solo académica sino también moral, ellos son el pilar principal en mi vida, son y seguirán siendo un ejemplo para mí. Gracias por haberme dado la vida y por creer siempre en mí.

Agradezco a Cesar Ortega, Maria Guadalupe Cañes y Miguel Angel Barrera, por su apoyo y asesoría para la realización de este trabajo.

A mis amigos, Gabriela Guadalupe Juvera González, Rodrigo Campa Goytortua, Alejandro Valdez Reyes, Mauro René Valades Luna, Benjamín Álvarez Carrizosa, Moisés Alan Valenzuela Acuña, René Romo Martínez y a mis demás compañeros por haberme brindado su amistad durante todos mis estudios profesionales.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres Francisco Javier y Susana Patricia, por brindarme su tiempo y apoyo durante todo el proceso de titulación, quiero agradecerle por todos aquellos consejos que me ayudaron a ser una mejor persona y un mejor profesionista.

A mis hermanas, Susana Haydeé Peñúñuri Ballesteros, Gabriela Peñúñuri Ballesteros y Patricia Peñúñuri Ballesteros, por brindarme su apoyo, comprensión, amistad y buenos consejos.

A mis sobrinos, Mía Patricia Peñúñuri Ballesteros, Jesús Francisco Peñúñuri Ballesteros y Paulo Ernesto Ávila Peñúñuri, por darle alegría a mi vida y las ganas de seguir superándome.

A mi primo, Pablo Nathaniel Enríquez Ballesteros, por brindarme su apoyo y amistad incondicional.

A Gabriela Juvera por su incondicional apoyo, amor, comprensión y el tiempo que compartimos.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	<i>vi</i>
RESUMEN.....	<i>vii</i>
INTRODUCCIÓN.....	1
LITERATURA REVISADA.....	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
RESULTADOS	44
DISCUSIÓN.....	50
CONCLUSIONES.....	53
LITERATURA CITADA.....	54

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Comportamiento de la producción de alfalfa, de acuerdo con la profundidad del suelo.	6
Cuadro 2. Cantidad de nutrimentos que extrae la alfalfa en kg por cada tonelada de materia seca (MS).	9
Cuadro 3. Época y frecuencia de aparición de maleza en la alfalfa en La Comarca Lagunera.	18
Cuadro 4. Porcientos (%) de Digestibilidad (Dig.) y Proteína Bruta (PB) en Alfalfa por Estratos.	23
Cuadro 5. Rendimiento de MS y proteína por ha y contenido proteico de la alfalfa, zacates y mezclas.	25
Cuadro 6. Principales enfermedades del cultivo de alfalfa, síntomas y control.	29
Cuadro 7. Plagas en cultivo de alfalfa, insecticida recomendado, dosis por ha y época de aplicación.	30
Cuadro 8. Calidad nutritiva de henos de alfalfa a diferente estado de desarrollo.	36
Cuadro 9. Características químicas y digestibilidad <i>in vitro</i> de la alfalfa en diferentes formas.	37
Cuadro 10. Medias de los cuadrados mínimos (\pm EE) para la producción de forraje verde (FV) de alfalfa ($t\ ha^{-1}$), por corte, bajo el efecto de los tratamientos.	44
Cuadro 11. Proporciones medias mínimo cuadrado de materia seca (MS) de alfalfa CUF-101, con aplicación de diferentes dosis de fósforo, ajustada por temperatura media entre período de corte.	45
Cuadro 12. Media de los cuadrados mínimos (\pm error estándar) de la producción de MS de alfalfa CUF-101($t\ ha^{-1}$), obtenida por corte, entre los diferentes dosis de P_2O_5 aplicados	46

Cuadro 13. Días transcurridos entre cortes en cultivo de alfalfa.	49
Cuadro 14. Costo comparativo por tonelada y por kg de PC para ingredientes más comunes en la alimentación de ganado.	52
Figura 1. Evolución del número de plantas por m ² de alfalfa bajo pastoreo continuo y pastoreo rotativo.	22
Figura 2. Mapa del área del municipio de Hermosillo, Sonora, donde se llevó a cabo el estudio.	38
Figura 3. Materiales utilizados para aplicación de ácido fosfórico en el estudio.	39
Figura 4. Aplicación del ácido fosfórico controlado por válvula y flotador a través del riego por gravedad.	40
Figura 5. Muestreo del cultivo de alfalfa para determinar la producción de forraje.	41
Figura 6. Superficie del área de estudio, donde se establecieron los diferentes tratamientos con aplicación de ácido fosfórico.	43
Figura 7. Aporte de Proteína Cruda (%) por el forraje de alfalfa CUF-101, con tres niveles de Fósforo (P< 0.05).	47
Figura 8. Producción de forraje verde t ha ⁻¹ de alfalfa CUF-101, bajo diferentes niveles de Fósforo (P>0.05).	48

RESUMEN

El trabajo se realizó en el Campo Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, localizado en km 21, sobre la Carretera Hermosillo-Bahía de Kino. El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo del cultivo de alfalfa, influenciada por tres dosis de P_2O_5 (pentóxido de fósforo), conocer su efecto en la producción de forraje verde y seco en $t\ ha^{-1}$ y determinar la proteína cruda en los diferentes tratamientos en estudio. Se fertilizó en presiembra con $120\ kg\ ha^{-1}$ de 11-52-0 (fosfato mono amónico), adicionalmente se aplicó $100\ kg\ ha^{-1}$ de urea. La densidad de siembra fue de $35\ kg\ ha^{-1}$, de semilla de alfalfa variedad CUF-101. El riego de germinación, fue el 6 de noviembre del 2009. El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento; estos fueron: testigo (T), sin fertilización adicional de P_2O_5 , a los aplicados en presiembra; $75\ kg\ de\ P_2O_5\ ha^{-1}$ (T75) adicionales; $150\ kg\ de\ P_2O_5\ ha^{-1}$ (T150) adicionales a los aplicados en presiembra, y aplicación de $300\ kg\ de\ P_2O_5\ ha^{-1}$ (T300), adicionales. Los cortes se desarrollaron, tomando en cuenta días de recuperación y rebrotes o ahijamientos que nacen en la base de la corona. Las variables estudiadas fueron: producción de FV $ha^{-1}\ corte^{-1}$; producción de FV $ha^{-1}\ año^{-1}$; producción de MS $ha^{-1}\ corte^{-1}$ y producción de MS $ha^{-1}\ año^{-1}$. Se obtuvieron nueve cortes de alfalfa, en el período comprendido de marzo del 2010 a febrero del 2011. Las producciones promedios por corte (MS) fueron similares ($P>0.05$) para todos los tratamientos en los primeros 5 cortes, oscilando de 2.70 a $4.36\ t\ ha^{-1}$ para los tratamientos T300 y T150 de $P_2O_5\ kg\ ha^{-1}$ respectivamente. En cortes 6, 7 y 8, se encontró diferencias entre producción de MS. El T300 presentó la mayor producción, con $3.12\ t\ ha^{-1}$ de MS, respecto a T150 que reportó $1.42\ t\ ha^{-1}$ de MS ($P<0.05$); los promedios de producción de MS ha^{-1} en los nueve cortes, fueron: 2.82 , 2.67 , 3.00 y $2.96\ t\ ha^{-1}$ de MS por corte para T, T75, T150 y T300 respectivamente. Las producciones totales de MS ha^{-1} fueron 25.38 , 24.03 , 27.00 y $26.64\ t\ ha^{-1}$, para T, T75, T150 y T300. La proporción de PC promedio estimada en alfalfa muestran superioridad estadística ($P<0.05$) para T75, con respecto a los otros tratamientos, con valores porcentuales medias mínimo cuadrados de 17.40 ± 0.39 , 18.22 ± 0.39 , 17.27 ± 0.39 y $17.06 \pm 0.39\%$ de PC, para T, T75, T150 y T300 kg, respectivamente.

De acuerdo a estos resultados, se concluye que el mejor tratamiento correspondió a T150. No es recomendable realizar aplicaciones de fertilizante superior a $212.4\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 dosificadas en este estudio en T150. Lo anterior es debido principalmente al alto costo que representa el fósforo. Dosis altas de fósforo en el cultivo de alfalfa, no modifican el contenido de proteína cruda del forraje, en primer año de establecida.

Es interesante conocer el comportamiento productivo de la alfalfa, en años subsecuentes, debido a la importancia que tiene el fósforo en la producción de forraje y calidad del mismo, al menos durante los primeros tres años de establecida

Palabras claves: Alfalfa, ácido fosfórico (P_2O_5), materia seca (MS), forraje verde (FV)

INTRODUCCIÓN.

La alfalfa es la leguminosa forrajera ampliamente más utilizada para alimentación de ganado lechero en Estados Unidos y México. En Sonora, esta forrajera, al igual que en el resto del país, produce un forraje de alta calidad que puede ser pastoreado, ensilado, henificado o suministrado en verde picado. En forma general, el corte en verde de la alfalfa es la forma comercial de aprovechamiento más extendida en los valles centrales de la república mexicana; en ella es obligado que la programación de los cortes, se basa en la velocidad de crecimiento, la cual varía principalmente de acuerdo a la estación del año. Aunado a lo anterior, es muy importante, el conocimiento del manejo de este cultivo, refiriéndose a cambios estacionales a los comportamientos productivos, rendimiento acumulado de esta especie y fertilizaciones adecuadas. Lo anterior, permitirá obtener mayor producción de forraje verde y seco de alta calidad. Dentro de los elementos nutritivos en el cultivo de alfalfa, están el nitrógeno y el fósforo; el primer fertilizante, lo produce la planta a través de los nódulos ubicados en las raíces por medio de la bacteria *ryzobium*. El fósforo es un elemento esencial en este cultivo, mismo que debe ser aplicado en cantidades adecuadas, para que exista una mejor producción de forraje. De ahí la importancia de realizar análisis de suelo, para proporcionar las cantidades adecuadas de estos fertilizantes.

El Estado de Sonora, tiene una superficie de 18 543 050 ha, con una diversidad de suelos, topografía y clima muy extremo. (Ackerman *et al.*, 1991). De acuerdo a INEGI (2010), en el estado existen 625 733 ha agrícolas, dedicadas a la producción de gramíneas principalmente. El cultivo de alfalfa, en Sonora, se utiliza principalmente para alimentación de ganado bovino productor de carne y leche. Ambos bajo el sistema de alimentación en corral. Además, grandes volúmenes de esta forrajera en forma de heno ó pacas, se consume por bovinos de carne en el agostadero Sonorense, para contrarrestar los efectos de la sequía o estiaje que son muy recurrentes en esta entidad desértica. El consumo de alfalfa en forma de ensilaje es casi nulo o poco conocido por productores

agropecuarios del Estado de Sonora; correspondiendo los mayores consumos para el ganado lechero en forma de heno, verde picado y bajo pastoreo. En cambio para ganado de carne, la mayor utilización es en forma de heno, especialmente alimentados bajo estabulación, así como por especies animales dedicados a la engorda. El heno de alfalfa también se usa frecuentemente en corrales de acopio, para compra y venta de bovinos, ovinos, caprinos y equinos. Es importante mencionar, que una gran parte de los productores de alfalfa, no realizan las fertilizaciones adecuadas, lo cual se puede observar en sus plantíos las siguientes problemas o características: sobresalen áreas con pequeña altura de la planta, hojas pequeñas, color verde deficiente y a veces tornadas de color vino o morado, poco ahijamientos en la corona durante su desarrollo productivo, tallos débiles con poco grosor. Todo lo anterior, se ve reflejado en baja producción anual de este cultivo forrajero. Por lo anteriormente expuesto se ejecutó el presente trabajo con la finalidad de conocer el efecto de la aplicación de diferentes cantidades de ácido fosfórico en el comportamiento productivo del cultivo de alfalfa, medidos a través de la producción de forraje verde y seco por ha.

Objetivos.

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar el comportamiento productivo del cultivo de alfalfa, influenciada por tres dosis de P_2O_5 (pentóxido de fósforo), y conocer su efecto en la producción de forraje verde y seco en $t\ ha^{-1}$. Así mismo, determinar la cantidad de proteína cruda en los diferentes tratamientos en estudio.

LITERATURA REVISADA.

Origen y Distribución de la Alfalfa.

Frecuentemente la alfalfa ha sido llamada la reina de las plantas forrajeras y esto es cierto tanto desde un punto de vista universal como particularmente referido a nuestro país, debido principalmente a que es una pieza fundamental en la alimentación del ganado en especial al productor de leche. Si bien, actualmente se extiende prácticamente por todo el mundo, se fija su área de origen en Asia Menor y sur del Cáucaso (De Candolle 1919, citado por D'Attellis, 2005), abarcando esta zona geográfica Turquía, Siria, Irán, Irak, Afganistán, parte occidental de Pakistán y Cachemira. Las referencias más antiguas proceden de Turquía (1 300 a.C.), Babilonia (700 a.C.) aunque se especula que el tráfico marítimo, altamente desarrollado 4 000 años a.C. podría haber contribuido a facilitar su difusión con mucha antelación. En excavaciones arqueológicas realizadas en Turquía se hallaron pequeñas tablas de piedra que indican con claridad que hace más de 3 300 años la alfalfa se utilizaba para alimentar animales. Hay evidencias, además, que esta forrajera estaba ampliamente distribuida en Media (N.O. de Irán) unos 1 000 años a.C. y que presumiblemente siguió los pasos de la civilización de este a oeste. (D'Attellis, 2005).

En el siglo IV a.C., Teófrates describió su introducción a Grecia, y Aristófanes y Aristóteles también la mencionaron y describieron con bastante detalle. Serían, pues, los griegos quienes le dieron el nombre de *médica*, que recogido por los romanos se ha conservado hasta nuestro días como denominación de su género botánico. Los autores romanos describen con abundantes detalles, la importancia, cultivo y forma de aprovechamiento de la alfalfa. Con la caída del Imperio Romano, el cultivo de alfalfa desaparece de Europa. Los árabes la transportaron de nuevo, a través del norte de África, desde Persia hasta la recientemente conquistada España. La llegada al nuevo mundo se produjo en el año 1519, a México. Posteriormente por la ruta del Pacífico, fue trasladada

a Perú y Chile. Desde estos países, por vía terrestre, llegó a la Argentina. (D'Attellis *et al* 2005).

La alfalfa es la principal especie forrajera que se cultiva en todo el mundo. Esta especie pertenece al género *Medicago*, que comprende alrededor de 83 especies, de las cuales dos terceras partes son anuales, y el resto son perennes. (Small y Jomphe 1988, citado por Santamaría, *et al* 2000).

La alfalfa cultivada tiene su origen en dos especies con características definidas diferentes, denominadas *Medicago sativa* y *Medicago falcata*. La primera proviene de Irán y regiones cercanas. *M. falcata* se introdujo a Europa desde Siberia. Actualmente se produce *M. falcata* en China. La introducción de alfalfa al continente Americano se realizó primero en América del sur, (Argentina, Chile, Perú y México) donde fue llevada por los conquistadores. En 1850 fue introducida en California como “trébol de Chile”. (Muslera, 1991).

Morfología.

La alfalfa *Medicago sativa* L. es una planta perenne, de desarrollo erecto, tallo poco ramificado de 60 a 100 cm de altura, hojas trifoliadas con un pedicelo intermedio más largo que los laterales, foliolos ovalados, en general sin pelos, tiene márgenes lisos con los bordes superiores ligeramente dentados. Su número de cromosomas es 32. En cambio *Medicago falcata* solo posee 16 cromosomas; lo anterior dificulta su cruzamiento, aunque es posible, y de hecho se han producido hibridaciones naturales originando formas intermedias clasificadas como una especie diferente: *Medicago media* Pers (Muslera, 1991).

Adaptabilidad.

La alfalfa se cultiva en una gran variedad de suelos y climas. Es una planta muy bien adaptada en suelos profundos bien drenados y alcalinos, tiene una tolerancia a la salinidad moderada, no se desarrolla bien en suelos con pH inferior a 5.6. La temperatura óptima para su crecimiento está entre los 15°C y 25°C durante el día y 10°C

y 20°C en la noche. Las temperaturas por encima de los 30°C reducen el crecimiento por el aumento de la respiración de la planta (Muslera, 1991).

En el cuadro 1 se observa que en los suelos más profundos la alfalfa expresa mayor potencial de producción. De esta forma, para lograr buenas producciones, se deben seleccionar suelos de profundidad igual o superior a 40 cm (Espinoza y Ramos, 1997).

Cuadro 1. Comportamiento de la producción de alfalfa, de acuerdo con la profundidad del suelo.

Profundidad del Suelo (cm)	Producción (%)
Mayor de 60	100
De 40 a 60	80
De 30 a 40	77

(Espinoza y Ramos, 1997).

Selección y Mejora.

La alfalfa prefiere los suelos profundos, donde encuentra espacios suficientes para extender y desarrollar sus abundantes raíces. Se ha determinado que la profundidad del suelo tiene un efecto directo sobre el rendimiento de esta especie forrajera.

Los programas de mejora de la alfalfa persiguen objetivos muy diversos, que fundamentalmente se centran en:

- Aumentar la producción.
- Mejorar la adaptación a las condiciones ambientales, incrementando su resistencia al frío y sequía.
- Resistencia a plagas y enfermedades (Muslera, 1991).

Clasificación.

Las alfalfas se pueden clasificar en función de sus características agronómicas entre las que se consideran:

- Forma de la planta: erecta o rastrera.
- Precocidad al comienzo de la estación de crecimiento temprano, medio, tardío.
- Rapidez de rebrote.

- Resistencia al frío.
- Resistencia a la sequía.
- Resistencia a enfermedades (Muslera, 1991).

Establecimiento y Época de Siembra.

La implantación o siembra de alfalfa requiere el tratamiento general, debiendo tener muy en cuenta los principios generales de buena preparación del terreno, fertilización de acuerdo a las características del suelo, inoculación y distribución uniforme de la semilla, así como elección de la época de siembra más adecuada. El método de siembra más común es al voleo. La siembra con sembradoras específicas de pratenses tipo Brillon, consistentes en un cajón distribuidor y dos rodillos acanalados compactadores paralelos, entre los cuales cae la semilla al voleo. Esta práctica, se ha divulgado bastante y es adecuada en terrenos bien preparados y nivelados (Muslera, 1991).

La alfalfa es un cultivo que prácticamente se puede sembrar en cualquier época del año. Sin embargo, en regiones como La Laguna, el periodo óptimo para su siembra es en los meses de noviembre y diciembre. A causa de las condiciones de clima que prevalecen durante este periodo, las siembras de alfalfa que se establecen en estos meses no presentan problemas de alta infestación 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 (Quiroga, *et al* 2000).

En Sonora, la fecha de siembra se puede iniciar, desde octubre en la parte centro y costa norte, y en el sur, después de noviembre de cada año. El método de siembra se recomienda en seco, al voleo en forma manual, con sembradora ciclónica o tipo Brillon. Se puede utilizar una rastra de ramas o paso de cultipaker, para tapar la semilla a 1 cm bajo el suelo (Zapata, 1997; Peñúñuri, 2000).

Inoculación.

Antes de la siembra, es necesario inocular la semilla con cepas de bacterias del género *Rhizobium* para ayudar a la planta en la formación de nódulos en la raíz y así se eficiente la captación de nitrógeno atmosférico. Deben tomarse en cuenta las siguientes especificaciones:

- A. Usar inoculante específico.
- B. Inocular sólo la semilla que se va a sembrar durante la jornada de trabajo.
- C. Inocular en la sombra. Para adherir el inoculante a la semilla, ésta se puede rociar con algún jarabe (agua con azúcar) o leche y después mezclar el inoculante.
- D. No exponer el inoculante ni la semilla tratada al viento ni a los rayos solares.
- E. Seguir las instrucciones específicas del producto a utilizar (Zapata, 1997).

Para la absorción de nitrógeno es absolutamente necesario que se establezca la simbiosis entre la planta y el *rhizobium* específico de la alfalfa, que pertenece al grupo *R. meliloti*. Esta asociación se produce mediante la infección de las raíces por la bacteria presentes en el suelo o sembradas con la semilla en el terreno. Cuando por alguna razón no existe *R. meliloti* en el suelo, hay que incorporarlo, siendo el método más efectivo la inoculación en el momento de siembra (Muslera, 1991).

Fertilización de la Alfalfa.

Antes de sembrar la alfalfa es preciso conocer las características del terreno elegido, niveles de fósforo y potasio, condiciones de drenaje y principalmente el pH. La alfalfa obtiene directamente el nitrógeno por medio del *rhizobium* que se encuentra en los nódulos y que utiliza la energía suministrada por la planta (Muslera, 1991).

Un análisis de suelo es lo más recomendable para conocer la condición del suelo de un predio, además de la observación directa y la experiencia del propietario. La alfalfa es un cultivo susceptible de ser explotado durante varios años. En la región son más comunes rendimientos anuales de materia seca (MS) superiores a 20 t ha⁻¹. 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 alfarferas ubicadas en latitudes más al norte que La Laguna. En cuadro 2, se observan los principales nutrimentos (kg) que extrae el cultivo de alfalfa, por cada t de MS, en diferentes regiones de estados Unidos y de México. (Quiroga *et al.*, 2000).

Cuadro 2. Cantidad de nutrimentos que extrae la alfalfa en kg por cada tonelada de MS.

Nutriente	California ¹	Wisconsin ²	La Laguna ³
kg t ⁻¹ MS			
Nitrógeno (N)	27.5	-	38.5
Potasio(K)	20.0	21.4	40.9
Fósforo(P)	2.6	2.7	2.9
Calcio(Ca)	16.0	13.4	20.9
Magnesio(Mg)	3.3	2.6	3.0
Azufre(S)	2.0	2.6	2.5
g t			
Fierro(Fe)	200	100	200
Manganeso(Mn)	100	50	80
Zinc(Zn)	10	20	35
Boro(B)	30	35	50
Cobre(Cu)	10	4	10
Molibdeno(Mo)	9	0.9	-

Anónimo (1985); Undersander, *et al.*, (1991); Cueto y Quiroga, (1989); citados por Cueto y Quiroga (2000).

Trabajos desarrollados en el INIFAP-CECH, sugieren realizar un muestreo de suelo 0-30 y 30-60 cm de profundidad para conocer los nutrientes que contiene. Sin embargo es recomendable aplicar 50 kg ha⁻¹ de N (109 kg de urea) en presiembra, junto con 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (217 kg de fosfato mono amónico) y de 10 a 15 kg ha⁻¹ de N después de cada corte (20 a 23 kg de urea). Llevando a cabo estas recomendaciones se contará con una pradera de alfalfa de buena calidad. Iniciándose el corte o pastoreo entre los 60 y 90 días después de la siembra con producciones de forraje de tres t ha⁻¹ de MS (Zapata, 1997).

Encalado.

El encalado se debe considerar como enmienda más que una fertilización, debido a que su función principal es corregir la acidez, para que otros elementos sean

disponibles para las plantas y el suelo sea un medio más favorable para el desarrollo de la flora bacteriana (Muslera, 1991)

Nitrógeno.

Cuando la alfalfa se inocula adecuadamente, se cultiva en un terreno con pH no muy ácido y sin carencias de elementos esenciales para su crecimiento, obtiene el nitrógeno por las bacterias de sus nódulos. En los estados iniciales de plántulas, necesitan nitrógeno del suelo hasta que se formen los nódulos y empieza la fijación. De ahí que en las recomendaciones de fertilización de la alfalfa, se incluya una cantidad de 20 kg ha⁻¹ de N. Cantidades más altas pueden producir un efecto perjudicial al inhibir las formación de nódulos. En suelos de buena fertilidad, en siembras realizadas en épocas del año en que hay en buena temperatura y la nitrificación del nitrógeno orgánico es, por tanto, abundante, si todos los procesos de desarrollo inicial de la planta transcurren con rapidez, puede sembrarse la alfalfa sin fertilización nitrogenada. En el primer año de establecimiento se debe procurar en estos terrenos pobres de nitrógeno, que la pradera no se desequilibre a favor de la alfalfa, que por ser autónoma en el suministro de nitrógeno puede por competencia eliminar a las gramíneas. En estos casos la aplicación de dosis moderadas de nitrógeno (20-30 kg ha⁻¹ de N) son suficientes para solucionar el problema estacional (Muslera, 1991).

Fósforo.

La aplicación de fósforo es necesaria para el buen establecimiento de la alfalfa y para que mantenga una alta producción durante los años que dure su explotación. Es particularmente importante en el año del establecimiento para obtener un buen desarrollo radicular. Como el fósforo se desplaza lentamente en el suelo es aconsejable que la aplicación del abono fosfatado se haga en profundidad, mediante la distribución al voleo por todo el terreno y enterrado antes de la siembra con un pase de rastra a 8 o 12 cm. También puede localizarse una parte en el momento de la siembra con la semilla. La aplicación de fósforo en la siembra debe ser suficiente para atender las necesidades del cultivo durante varios años. Una vez establecida la alfalfa el fertilizante se distribuye en superficie, y en razón a una escasa movilidad en el suelo, tarda en estar disponible al

nivel de las raíces. Lo mejor es desarrollar un análisis del suelo, para así aplicar, las cantidades adecuadas de este fertilizante (Muslera, 1991; Zapata, 1997; Peñúñuri, 2000).

El ácido fosfórico y la planta.

El fosforó se ha mencionado que es un componente esencial de los vegetales. No se encuentra en la planta en estado libre, sino combinado en otras sustancias o con cuerpos libres formando fosfatos minerales, o bien, más frecuentemente, con sustancias complejas, formando combinaciones orgánicas. El fósforo es un factor de crecimiento de los vegetales, como ocurre con el nitrógeno. Al hablar de abonados fosforitos se suele emplear la denominación de “ácido fosfórico” en lo que en realidad es anhídrido fosfórico (P_2O_5). Cuando se usa la denominación “ácido fosfórico”, debe entenderse que se refiere al anhídrido fosfórico (Guardado, 2000). Cueto et al, (2000), sugieren fertilizar la alfalfa con una aplicación anual de fosforo a razón de 6.7 kg de P_2O_5 /t de MS que se pretenda cosechar. Esto es equivalente a 14.5 kg de superfosfato de calcio triple (46% P_2O_5) por t de MS por producir; o bien, 310 kg de ácido fosfórico por ha por año.

Sobre este mismo aspecto, al sembrar alfalfa, conviene fertilizar con dosis por ha de 60-120-00. En invierno la planta suspende su desarrollo vegetativo; en esta época, se aplica la dosis 00-100-00 por ha; para esto, se deja agrietar el terreno y se aplica el producto al voleo; después se pasa una rastra de ramas para hacer caer el fertilizante a las grietas y por último se aplica un riego. Para lograr la primera dosis de fertilización se aplican 130 kg de urea más 260 kilogramos de superfosfato de calcio triple; para la segunda dosis únicamente se emplean 218 kg de superfosfato de calcio triple. (INIFAP, 1997).

Estudios desarrollados con el uso de diferentes dosis de fosforo (P) y azufre (S); con dosis de: P40-S0; P0-S24; P40-S24; P80-S48 y P80-S48, demuestran que en todos los cortes la fertilización con S y con P tuvieron diferencias significativas respecto al testigo. A partir del 5° corte, la significancia al agregado de dosis menores de P y S (P40 y S24) fue disminuyendo y a partir del 7° corte desapareció, demostrando que las dosis eran muy bajas para abastecer las altas necesidades nutricionales de la alfalfa. Solamente

las dosis de P80 y S48, siguieron diferenciándose del Testigo. La producción de MS de alfalfa con fertilización al voleo con pasturas de 1 año de establecidas, generaron buenas producciones de MS. Estas respuestas bajaron para tratamientos de dosis menores de ambos nutrientes, luego del 9° o 10° corte. (Fontanetto *et al.*, 2011).

Estos autores comentan que la fertilización a la siembra y la fertilización al voleo de la pastura implantada produjeron incrementos importantes en la producción de MS de alfalfa. La fertilización al voleo manifestó ser una práctica que permite recuperar deficiencias nutricionales en alfalfares de producción y que son sub-fertilizados (bajas dosis) a la siembra. Es necesario seguir investigando la residualidad de estos tratamientos de fertilización en alfalfas fertilizadas luego de ser implantadas.

Potasio.

El potasio puede ser un factor limitante en la producción de alfalfa, al necesitar la planta grandes cantidades de este elemento. Juega un papel importante en varias funciones vitales; afecta a su comportamiento y resistencia al frío, así mismo a la sequía, y a la formación y almacenamiento de reservas. La alfalfa por la profundidad que alcanzan sus raíces, puede obtener nutrientes de capas fuera del alcance de las raíces de otras plantas y, por lo tanto, aparecen menos carencias de ciertos elementos como el azufre (Muslera, 1991).

Síntomas de carencia de elementos nutricionales en la alfalfa.

Nitrógeno. Hojas amarillas, raíces poco o nada noduladas, largas y fibrosas, plantas pocos vigorosas.

Fósforo. Hojas pequeñas de color verde muy oscuro. Punta de crecimiento rígida y erecta, raíces pequeñas y de color claro. Foliolos plegados y envés de color morado. Hojas viejas amarillentas mueren.

Potasio. Los primeros síntomas son hojas blancas en las hojas más viejas; en estados más avanzados aparecen áreas necróticas alrededor de los bordes externos de las hojas superiores. En casos extremos el número de manchas aumenta, las hojas se vuelven frágiles y se secan, cayendo las más viejas.

Azufre. Hojas amarillas, empezando primero por las hojas más jóvenes. Plantas amarillas y poco vigorosas. Parecida a la deficiencia de nitrógeno.

Boro. Hojas terminales rojizas y amarillentas. Entre nudos de las terminales cortas, mientras las hojas forman una roseta, seguido de la muerte del brote terminal. Las hojas inferiores y ramas permanecen verdes.

Molibdeno. Se presenta en suelos ácidos ricos en hierro. Los folíolos tienen bordes de color blanco en los bordes y marchitos. La floración disminuye en general. Los síntomas son parecidos a los del nitrógeno.

Cobre. Los pecíolos de las hojas terminales se curvean, seguidos de muerte y marchitamiento.

Hierro. Es una deficiencia que se puede presentar en suelos muy alcalinos y húmedos. Se produce un amarilleamiento entre nervios de las hojas superiores que acaba extendiéndose a toda la hoja.

Manganeso. También se presenta en suelos alcalinos. Ocasiona una disminución del crecimiento y amarilleamiento de las hojas jóvenes. Estos comienzan entre nervios y aparecen puntos necróticos de tejido foliar muerto. La toxicidad del manganeso se puede presentar en suelos ácidos, las hojas más viejas amarillean en los bordes y pueden aparecer puntos necróticos.

Zinc. El primer síntoma es la curvatura de las hojas jóvenes. Las plantas que presentan deficiencia crecen más lentamente y las hojas viejas son ligeramente amarillas. La planta

empieza a morir de arriba hacia abajo. Las nuevas hojas, principalmente de los nuevos tallos, son pequeñas, rígidas y con tendencia a enrollarse hacia adentro.

Calcio. Se presenta en suelos ácidos. Las plantas son de color verde claro poco desarrolladas, delgadas, y los peciolo jóvenes pueden secarse. Los bordes de las hojas se secan, empezando por las hojas jóvenes que toman un color gris blanquecino. Los bordes se enrollan, formando un embudo característico en la punta de cada peciolo.

Magnesio. Se presenta en suelos ácidos, arenosos y en estaciones muy lluviosas en que el magnesio puede ser lavado del suelo con facilidad. Los síntomas de clorosis empiezan en las hojas más viejas. Los folíolos aparecen amarillos entre los nervios. Los márgenes de las hojas pasan de color verde a amarillo y se secan (Muslera, 1991).

Riego de la Alfalfa

La tecnología de riego que se le 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 alfalfa (Moreno, *et al.*, 2000).

La producción de alfalfa mediante riego por goteo es 2.3 veces mayor a la producción promedio obtenida con sistema de riego rodado. Se obtienen hasta 3.5 t ha⁻¹ por corte; es importante mencionar, que se obtiene:

- Ahorro del agua de riego hasta un 30% comparado con riego rodado.
- Ahorro de mano de obra.

- Mayor calidad del producto.
- Mayor rentabilidad del sistema producto (Anaya, 2004).

La alfalfa es una especie con un alto coeficiente de transpiración, es decir, presenta una baja eficiencia de conversión de agua en MS. Requiere alrededor de 934 L de agua con riego rodado por kg de MS producida; con riego por aspersión, se requiere de 609 L de agua para producir un kg de MS. (Rodríguez, 1990; Rodríguez, 1998; Rodríguez, 1999), citado por Moreno, *et al.* (2000).

Morales *et al.* (2006), evaluaron 14 variedades de alfalfa con fertirriego por goteo. Lo compararon contra dos variedades de alfalfa mediante sistema de riego por gravedad, para evaluar el consumo de agua y energía eléctrica. El estudio se estableció en la Mixteca Oaxaqueña, en Oaxaca. Se realizaron 12 cortes con intervalos de 45 días en promedio. No existió diferencia ($P>0.05$) entre variedades en la producción de MS corte y la relación hoja: tallo, fue significativa ($P<0.05$) en la altura de la planta. En los meses más calurosos se obtuvo la mayor producción de MS, la mayor altura de plantas y la menor relación hoja: tallo ($P<0.05$). Mediante el sistema de fertirriego por goteo se tuvo un ahorro de agua del 50.2 % y una disminución de 169 % en horas de trabajo, consumo y costo de energía, respecto al sistema de riego por gravedad.

Los análisis dentro de cada corte indicaron que las mayores alturas de planta se presentaron ($P<0.05$) en los meses calurosos del año. Esto coincide directamente con la producción de MS e inversamente con la relación hoja: tallo, esto es, a mayor producción de MS mayor altura de la planta y menor relación hoja: tallo. La producción de MS con la variedad Maya fue significativamente ($P<0.05$) mayor en el sistema fertirriego en comparación con el sistema de riego por gravedad. En la variedad San Pablo Huixtepec, las plantas fertilizadas e irrigadas por goteo y por gravedad, mostraron rendimientos semejantes de MS, pero ($P<0.05$) mayores que las plantas que no recibieron fertilizante. (Morales, *et al.*, 2006).

Las variedades “Maya y San Pablo Huixtepec”, incrementaron la producción de MS al pasar del sistema de riego por gravedad al sistema de fertirriego en 21.4 % y 6.2

%, respectivamente. En la variedad Maya la relación hoja: tallo fue mayor ($P<0.05$) en las plantas fertilizadas y regadas por gravedad; las plantas no fertilizadas o que recibieron fertirriego mostraron valores iguales en relación hoja: tallo. En el sistema de fertirriego, las plantas alcanzaron ($P<0.05$) mayor altura que aquéllas que crecieron en el sistema de riego por gravedad. En el sistema de fertirriego se aplicó menor cantidad de agua, menor número de horas de trabajo con la bomba y por lo tanto menor consumo de energía eléctrica, lo que implicó también menor costo respecto al riego por gravedad. Esto es, con fertirriego se tuvo un ahorro de agua del 50.2 %. (Morales, *et al.*, 2006).

La alfalfa es un cultivo importante en el estado de Baja California, así como en la región Costa de Ensenada, pues es el principal forraje utilizado en la alimentación del ganado, tanto de leche como de carne. Sin embargo, la alfalfa utiliza una gran cantidad de agua. El uso consuntivo alcanza los 120 cm en el año y hasta 200 cm en el desierto. El riego por goteo subterráneo (RGS) es una tecnología bien establecida y es una alternativa viable que ofrece el potencial para reducir la cantidad de agua utilizada para irrigar la alfalfa. Los módulos demostrativos a nivel comercial en Baja California Sur, Sonora, y en la Laguna llevados a cabo por INIFAP, consistentemente han aumentado la eficiencia en el uso del agua, abatiendo los costos de energía eléctrica hasta en un 40 % y aumentando el rendimiento de forraje de 10 al 15 %. Existen además experiencias en Estados Unidos (California y Arizona) donde igualmente se ha mostrado un incremento en el rendimiento de la alfalfa debido al uso de RGS cuando se comparó al riego por surco o por aspersión, además de que se han encontrado que las enfermedades de las hojas de la alfalfa se reducen en comparación a alfalfas regados con riego por aspersión y por tanto el forraje producido es de mayor calidad (Chávez, 2006).

El RGS tiene potencial para aumentar el rendimiento de los cultivos, aumentar la conservación de agua y suelo, mejorar la calidad de cultivo, y reducir la degradación ambiental. Sin embargo, las ventajas no pueden conseguirse sin un cambio en nuestro modo de pensar sobre la irrigación eficiente y una buena voluntad de adaptarse y aprender nuevas tecnologías. Cuando los recursos de agua agrícolas se hagan cada vez

más escasos en el futuro, el RGS puede presentar una solución parcial con algunos desafíos asociados con la agricultura de riego (Chávez, 2006).

La lámina total por año va a variar dependiendo de la textura del suelo y el clima. En forma general se recomienda un riego de germinación, tres de auxilio para obtener el primer corte y uno ó dos más riegos entre cortes (Zapata, 1997).

Los principales problemas que se tienen con este cultivo en la región son: baja producción, corta vida productiva (no más de tres años) y alto consumo de agua en riego por gravedad, alrededor de 175 cm de lámina de riego promedio por año para predios de pequeños productores (Cantú, 2001, citado por Rivera, *et al.*, 2004) y de 270 cm por año para superficies similares a las mencionadas anteriormente (Cruz y Levine, 1998, citado por Rivera *et al.*, 2004). Una de las estrategias para aumentar la eficiencia en el uso del agua es la utilización de sistemas de riego más eficientes como lo es el riego por goteo subsuperficial o subterráneo, el cual se define como la aplicación del agua bajo las superficie del suelo a través de emisores, con tasas de descarga generalmente en el mismo rango que el riego por goteo superficial.

Los trabajos realizados en la Región Lagunera durante los últimos años, han mostrado las bondades de este sistema de riego para la producción de alfalfa (Rivera, *et al.*, 2004). Este autor, concluye en su estudio, que el riego por goteo subsuperficial o subterráneo, es sin duda uno de los sistemas de riego más eficientes para la producción de alfalfa. Los incrementos de rendimiento y la mayor eficiencia en el uso del agua encontrados al compararlo con el riego por gravedad y aspersión, lo sitúan como uno de los sistemas de riego del futuro con escasa disponibilidad de agua del país. Es importante continuar con trabajos de investigación en aspectos de aplicación e impacto de macro y micro nutrientes en la producción de biomasa, así como la utilización de aguas residuales con este sistema de riego (Rivera, *et al.*, 2004).

Maleza de la alfalfa

Mediante recorridos de campo realizados durante los años 1988 y 1998 Cuadro 3, para identificar las principales especies de maleza que se encuentran en alfalfares de La Comarca Lagunera, se determinó que las especies con mayor frecuencia y grado de infestación durante el otoño-invierno fueron: mostacilla (*Sisymbrium irio* L.), malva (*Malva parviflora* L.) y borraja (*Sonchus oleraceus* L.) En los últimos años se han detectado otras especies de maleza con potencial para convertirse en problemas para la alfalfa, como son la bolsa de pastor y la oreja de ratón.

Cuadro 3. Época y frecuencia de aparición de maleza en la alfalfa en La Comarca Lagunera.

Nombre común	Nombre científico	Frecuencia (%) 1998
Ciclo otoño-invierno		
Mostacilla	<i>Sisymbrium irio</i> L.	69.7
Malva	<i>Malva parviflora</i> L.	48.5
Borraja	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	45.5
Bolsa de pastor	<i>Capsella bursa-pastoris</i> L.	24.0
Oreja de ratón	<i>Polygonum aviculare</i> L.	18.2
Ciclo primavera-verano		
Zacate pegarropa	<i>Setaria verticillata</i> (L.) Beauv.	74.4
Zacate chino	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	51.6
Zacate pinto	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.	90.3
Zacate pata de gallo	<i>Eriochloa lemmonii</i> Vasey & Scribn	12.9
Zacate Johnson	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	38.7
Zacate mota	<i>Chloris virgata</i> Sw.	32.2
Zacate liendrilla	<i>Leptochloa filiformis</i> (L.) Beauv.	32.2
Zacate choneado	<i>Echinochloa cus-galli</i> (L.) Beauv.	29.0
Trompillo	<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	32.2
Quelite	<i>Amaranthus palmeris</i> (S) Watson.	61.2
Cúscuta	<i>Cuscuta</i> sp	32.2
Retama	<i>Flaveria trinervia</i> Spreng.	9.6
Oreja de ratón	<i>Polygonum aviculare</i> L.	51.6

(Castro, 2000).

Herbicidas para la alfalfa

Hay dos etapas en la vida de un alfalfar en que las malas hierbas pueden ser un problema grave para su persistencia y producción; en el año de establecimiento y al final de su vida productiva, cuando lleva varios años en el terreno y la densidad de plantas disminuye. Hay muchos herbicidas que pueden controlar las malas hierbas en las diversas fases del ciclo de la alfalfa. El empleo de uno u otro dependerá de las hierbas presentes en el terreno y el estado vegetativo de la alfalfa (Muslera, 1991).

Control de malas hierbas antes de la siembra de la alfalfa. Es importante la eliminación de hierbas perennes que puedan existir en el terreno antes de la siembra, principalmente gramíneas perennes rizomatosas (*Cynodon dactylon*, *Agropyron repens*, etc.). Combatir esas hierbas mediante labores culturales es difícil y lleva tiempo, es necesario voltear la tierra y exponer las raíces y tallos de esas plantas a desecación durante periodos bastante prolongados. El tratamiento con herbicidas permite acortar el periodo de tiempo entre la preparación del terreno y la siembra de alfalfa (Muslera, 1991).

Herbicidas de pre-emergencia. La *carbetamida* y *propryamida*, controlan gramíneas anuales, algunas perennes y *Rumex acetosella*, pero no controlan los cardos. Estos herbicidas se pueden utilizar en pre-emergencia o en alfalfares adultos cuando la planta está durmiente. También se puede utilizar el *neburón* fundamentalmente contra hierbas de la hoja ancha, antes de que germinen o en su primer desarrollo. Las dosis recomendadas de la *carbetamida* y *propryamida* son, respectivamente, 2-3 y 0.5-1 kg ha⁻¹ de materia activa (Muslera, 1991).

Herbicidas post-emergencia. Las malas hierbas de hojas ancha pueden controlarse con el 2,4-DB (0.8-1.6 kg ha⁻¹ de materia activa), aplicando cuando la plántula de alfalfa tiene entre dos y cinco hojas trifoliadas. Controla *Rumex* sp, *amaranthus* sp, *Senecio* sp, *Cirsium* sp, *Carduus* sp, etc. El 2,4-DB puede mezclarse con la *carbetamida* y la

propryamida. Esta última puede también utilizarse combinada con *diurón*, controlando gramíneas y especies de hoja ancha (Muslera, 1991).

Control de malas hierbas en alfalfares establecidos. La inversión de los alfalfares por malas hierbas, es un hecho que determina el deterioro rápido de la planeación y la necesidad de sustituir la alfalfa poco productiva por otro cultivo. En este hecho se discute si la causa del deterioro de esta forrajera son las malas hierbas o éstas invaden la plantación por debilidad de las plantas de alfalfa. Lo que es evidente es que, una vez que un alfalfar está invadido por otras hierbas en alguna época del año, la caída de producción y degeneración del alfalfar se produce rápidamente (Muslera, 1991).

Pastoreo y manejo de la alfalfa

La utilización de la alfalfa en pastoreo abre ciertas posibilidades de expansión a su cultivo en muchas zonas de las que en este momento está ausente, por dificultades de mecanización de las labores de siega y recolección. Hay dos inconvenientes que limitan la utilización en pastoreo:

- Los daños del animal a la planta, que reducen su producción y persistencia.
- Las posibles consecuencias de la alfalfa sobre el animal, timpanismo u otros trastornos digestivos (Muslera, 1991).

La alfalfa no dura mucho en pastoreo continuo, por tanto, es totalmente necesaria la adopción de un sistema discontinuo que permita a las plantas recuperar sus reservas y alcanzar su madurez. Al organizar un sistema de pastoreo para la alfalfa se presentan las siguientes interrogantes:

- Cuándo iniciar el pastoreo.
- Duración del mismo.
- Período de reposo o intervalo de los pastoreos. (Muslera, 1991).

Iniciación del pastoreo. Considerando un ciclo de desarrollo de la alfalfa, la producción de MS aumenta hasta que alcanza la floración total, aunque la calidad disminuye con la madurez a partir del comienzo de la floración. (Muslera, 1991).

Duración del pastoreo. En principio, el sistema de pastoreo de alfalfa sería utilizar al animal como una máquina de siega. Rápidamente defolia totalmente la planta y ésta entra en un periodo de recuperación y rebrote sin la presencia del animal. Este sistema exige cargas de ganados muy altos, equivalentes a 150-200 ovejas por ha ó 20-30 vacas por ha, difíciles de manejar sin la ayuda de cercados móviles, preferentemente de tipo eléctrico. (Muslera, 1991).

Período de reposo. El período de reposo variará según la época del año. Los máximos crecimientos diarios de alfalfa bajo riego se producen con las variedades tipo *M. sativa* en los meses de julio y agosto, con valores de hasta 160 kg ha⁻¹ de MS por día en Andalucía en zonas bajas; y de 130-135 kg ha⁻¹ de MS por día en zonas de Andalucía oriental a mayor altitud. En junio y septiembre son normales cantidades de 100-120 kg ha⁻¹ de MS por día (Muslera, 1991).

Numerosas experiencias han demostrado que el pastoreo continuo no es recomendable para la utilización de la alfalfa porque no respeta los ciclos de crecimiento, causando un debilitamiento general de la plantas por la defoliación frecuente y reiterada. Con este manejo se produce una disminución del número de plantas de manera prematura y, en consecuencia, se reduce la producción y la persistencia del cultivo (Cormacchione, 2003).

En la figura 1, se aprecia que cuando la alfalfa se maneja bajo pastoreo rotativo respetando los ciclos de crecimiento, produce más, pudiendo además controlarse la calidad del forraje a consumir y la altura de defoliación. Sin embargo, la magnitud de las respuestas dependerá de la carga animal, de la intensidad y frecuencia de defoliación y del cultivar utilizado (Cormacchione, 2003).

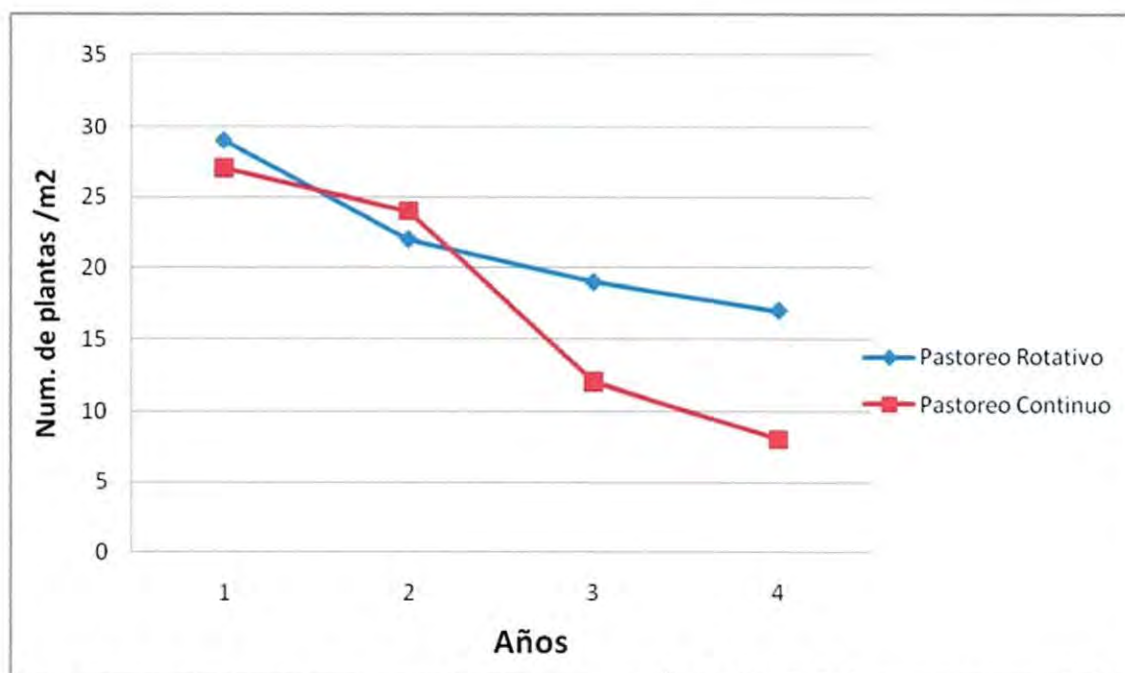


Figura 1. Evolución del número de plantas por m² de alfalfa bajo pastoreo continuo y pastoreo rotativo (Cormacchione, 2003).

La alfalfa es una especie que tolera pastoreos intensos pero poco frecuentes. El período de descanso -entre dos pastoreos sucesivos- para su recuperación es variable de acuerdo a la estación de crecimiento, desde tres semanas a fines de primavera (con condiciones de humedad óptimas) hasta 50-60 días en inviernos rigurosos (Cormacchione, 2003).

Con respecto a los tiempos máximos de permanencia de los animales en cada pastoreo, las recomendaciones varían entre cinco a seis días en primavera-verano-otoño hasta un máximo de 12 días en invierno. Sin embargo, no debe aplicarse un esquema rígido ya que las condiciones estarán determinadas por la producción de la pastura y el uso de una carga animal adecuada. Durante la permanencia de los animales en una parcela, la ganancia de peso no es constante. A medida que avanzan los días de pastoreo los animales cosechan cada vez mayor proporción de tallos que predominan en la parte inferior de las plantas, lo cual condiciona la respuesta animal, ya que la digestibilidad y el contenido proteico disminuyen desde la parte superior de la pastura hacia la base, siendo este efecto más notable en el tallo; lo anterior se aprecia en el Cuadro 4 (Cormacchione, 2003).

Cuadro 4. Porcientos (%) de Digestibilidad (Dig.) y Proteína Bruta (PB) en Alfalfa por Estratos.

Estratos	Hoja verde		Tallo verde	
	% Dig.	% PB	% Dig.	% PB
+ de 30 cm	70	28.5	70	16
20 a 30	70.7	28.5	62.5	13
10 a 20	67	30	55.5	11
0 a 20	67	31	48	10

(Ustarroz, 1996, citado por Cormacchione, 2003).

Estudios realizados en el municipio de Santa Ana, Sonora, mencionan en pastoreo de alfalfa, una carga animal de 120 borregos al destete por ha, con ganancias diarias promedios de 54 a 69 g/día/animal para hembras, y de 80 a 100 g para machos. Los rangos mínimos y máximos alcanzados por kg/peso producido variaron de \$ 13.07 a \$ 23.40 para la primera etapa (Peñúñuri *et al.*, 2007).

El sistema rotacional permitió una carga de 12 animales/ha, el de franjas sostuvo, en promedio de las dos praderas 13.3 animales por ha. La ganancia diaria por animal (GDP) fue igual ($P>0.10$) entre alfalfa y ballico + bermuda (606 g vs 575 g); y entre rotacional y franjas (616 g vs 566 g). La ganancia total por ha fue de 1878, 2039, 1850 y 1766 kg ha⁻¹ para alfalfa rotacional, alfalfa franjas, ballico + bermuda rotacional y ballico + bermuda franjas. Se concluye que el comportamiento en alfalfa es igual que en ballico/bermuda independientemente del sistema de pastoreo. Alfalfa bajo un manejo en franjas, produce un ligero aumento en la ganancia total por ha debido a que permite un incremento leve de la carga animal (Lizárraga, *et al.*, 1994).

Es bien conocido que la mayoría de las leguminosas comúnmente empleadas pueden producir en rumiantes el timpanismo; sin embargo, este problema se reduce cuando se pastorea una mezcla de zacates-leguminosas, teniendo como mínimo el 40 % de gramíneas. Este tipo de mezclas, generalmente consta de uno o más zacates y de una o más leguminosas y los principales factores que intervienen en su buen funcionamiento, son que el animal disponga de suficiente zacate en la mezcla para minimizar riesgos de timpanismo y mantener constante el porcentaje de leguminosas para obtener rendimientos satisfactorios sin la fertilización con nitrógeno (Lizárraga *et al.*, 1980).

En un estudio realizado en el Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora (CIPES), de octubre de 1976 a julio de 1979, se utilizó alfalfa y tres zacates de crecimiento en el verano: buffel, panizo azul y rhodes, en siembras solas, y alfalfa-buffel, alfalfa-panizo, alfalfa-rhodes y alfalfa-buffel-panizo-rhodes en mezcla. La densidad de siembra en las diferentes especies fue de 25, 6, 6 y 9 kg ha⁻¹ para alfalfa, buffel, panizo y rhodes, respectivamente. En las mezclas se utilizó el 50 % de alfalfa y 50 % de zacates, tomando como base la densidad de siembra. Se fertilizó en presiembra con 100 kg de nitrógeno a los zacates y 100 kg de P₂O₅ (fuente de fósforo ó anhídrido fosfórico) a la alfalfa, zacates y mezclas. Después de cada corte se aplicaron 60 kg ha⁻¹ de N a los zacates (Lizárraga *et al.*, 1980).

En promedio de dos años de estudio, la composición botánica de las mezclas estuvo integrada en su mayor parte por alfalfa durante el período comprendido de febrero a junio, que es cuando la alfalfa logra sus mejores producciones durante el año; sin embargo, de julio a octubre los zacates dominaron en las mezclas, período de altas producciones para los tres zacates estudiados y bajas para la alfalfa. De noviembre a enero, la producción de las mezclas y la alfalfa sola, fue relativamente baja, siendo los zacates los de menor producción durante el invierno. En el segundo año la producción de buffel fue nula de enero a marzo y panizo azul no produjo durante enero y febrero. En la mezcla de alfalfa-buffel-panizo-rhodes, en el segundo año de estudio, los zacates buffel y panizo terminaron por ser dominados por el rhodes ya que éste es un zacate que además de semilla se reproduce también por estolones (Lizárraga *et al.*, 1980).

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de producción de MS ha⁻¹, proteína por ha y contenido de proteína, durante los dos años de estudio. Se observa que rhodes, alfalfa-rhodes y alfalfa-buffel-panizo-rhodes fueron los que alcanzaron los más altos rendimientos, promediando 28.14, 26.80 y 26.35 t de MS, le siguieron la alfalfa-buffel, alfalfa-panizo y alfalfa sola con 24.25, 23.28 y 22.30 y los de menor producción fueron el buffel y panizo solos con 20.9 y 15.35 t ha⁻¹ de MS, respectivamente. La alfalfa-mezcla en el segundo año fue la de mayor producción (28.24 t de MS), debido en parte a

la dominancia del rhodes sobre los demás zacates, el cual de entre los pastos sembrados solos, fue el de mayor producción en los dos años de estudio (Lizárraga *et al.*, 1980).

En cuanto a porcentaje de proteína, las mezclas y alfalfa fueron las de más alto contenido y la alfalfa promedió 22.4 % de proteína, las mezclas 21.2 %. El porcentaje de proteína de los zacates fue: panizo 18.1, buffel 14.3 y rhodes 14.0 %. En producción de proteína por ha, los más altos fueron las mezclas y la alfalfa, promediando arriba de 5.0 t ha⁻¹; entre los zacates, el rhodes fue el de mayor rendimiento con 3.94 t ha⁻¹ (Lizárraga *et al.*, 1980).

Cuadro 5. Rendimiento de MS y proteína por ha y contenido proteico de la alfalfa, zacates y mezclas.

Cultivos	MS t ha ⁻¹	Proteína t ha ⁻¹	Proteína %
Rhodes	28.14	3.94	14.0
Alfalfa-rhodes	26.80	5.33	19.90
Alfalfa-buffel-panizo-rhodes	26.35	5.40	20.50
Alfalfa-buffel	24.25	5.21	21.50
Alfalfa-panizo	23.28	5.31	22.80
Alfalfa	22.30	5.00	22.4
Buffel	20.90	3.00	14.30
Panizo	15.35	2.78	18.1

Promedio de 2 años de estudio
(Lizárraga *et al.*, 1980).

De los resultados de este estudio se concluye que las mezclas son factibles de utilizar por sus altos rendimientos de forraje, siempre y cuando se conserve una buena proporción de zacates y alfalfa en la misma. Se recomienda la mezcla de alfalfa-rhodes, ya que presenta buenos rendimientos de MS y proteína por ha por año y se pueden alcanzar hasta siete cortes con rendimiento promedio de 3 t ha⁻¹ de MS por corte, de abril a octubre, y producción de 1.5 t ha⁻¹ de MS por corte desde finales de otoño y todo el invierno con cuatro cortes (Lizárraga *et al.*, 1980).

En el Estado de Sonora, las condiciones climáticas son extremas, y esto dificulta que los productores que utilizan praderas irrigadas con pastoreo de bovinos, usen una sola especie forrajera durante todo el año. Lo anterior implica la necesidad de manejar

especies que sean sobresalientes en producción y calidad tanto en la época de invierno como de verano. En el INIFAP-Campo Experimental Carbó, se ha trabajado con especies forrajeras bajo riego desde 1970 hasta la fecha. De las especies de invierno se pueden mencionar: avena (*Avena fatua*), cebada (*Hordeum vulgare*) ryegrass (*Lolium multiflorum*), trigo (*Triticum aestivum*), triticale, (*X Triticosecale*, Wittmack) (Varughese, et al 1996.) y festucas (*Festuca spp*), así como la alfalfa (*Medicago sativa*) y últimamente, el trébol berseem (*Trifolium alexandrinum*). En el verano se ha trabajado con: panizo azul (*Panicum antidotale*), buffel (*Cenchrus ciliaris*), Klein (*Panicum coloratum*), sorgo (*Sorghum vulgare*), y variedades de bermuda. Los estudios realizados han demostrado que las mejores especies en cuanto adaptación, producción y calidad, han sido el ryegrass y alfalfa en invierno y el zacate bermuda en el verano (Peñúñuri, 2000).

En el CIPES, se estudió durante 146 días de pastoreo la influencia de la suplementación energética en animales en pastoreo de ballico italiano (*Lolium multiflorum* Lam). Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: 1) ballico italiano como testigo; 2) ballico italiano-alfalfa (70 % - 30 %); 3) ballico italiano + 2 kg melaza/cabeza/día; 4) ballico italiano + ensilaje de sorgo forrajero. Se usaron becerras brangus y charoláis de 6-8 meses de edad y 139 kg de peso promedio inicial. La fertilización total fue 370 kg ha⁻¹ de N y 90 kg ha⁻¹ P₂O₅. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en GDP, (0.675, 0.680, 0.722 y 0.655 kg) en los tratamientos mencionados a pesar que carga animal fue de 15, 14, 18 y 22 animales por ha, respectivamente. La producción de carne por ha fue de 1,405 kg para testigo y de 1,310 kg para pastoreo combinado ballico-alfalfa, diferencia que no resultó estadísticamente significativa ($P < 0.05$). La producción se incrementó significativamente en 52.4 % respecto al testigo, con el tratamiento ballico mas ensilaje y en 27.6 % al suplementar con 2 kg diarios de melaza por animal. Se detectó diferencia ($p < 0.01$) en favor de ballico mas ensilaje con una producción de 2,142 kg ha⁻¹ de carne, en comparación con 1,793 kg ha⁻¹ correspondiente a ballico melaza, el cual a su vez fue significativamente superior a ballico-alfalfa y al testigo (Aguayo, et al., 1976).

Enfermedades del cultivo de alfalfa

Pudrición de la alfalfa. El hongo que provoca la pudrición invade los tejidos de la raíz y el tallo, ocasionando problemas de absorción, transporte de agua y nutrimentos, lo que trae como consecuencia la marchitez y muerte posterior de la planta. Las plantas infestadas reducen su desarrollo, y sus hojas se marchitan y mueren. Al hacer un corte transversal en las raíces, se observa en ellas una coloración café, abajo de la corteza y amarillo en la parte central. Para evitar la enfermedad se recomienda nivelar el terreno antes de sembrar, controlar los riegos y evitar los excesos de humedad en el suelo (García y González, 1993).

Pudrición texana. Esta enfermedad es frecuente en suelos alcalinos y arenosos. El síntoma característico, es que a simple vista se pueden observar en el terreno plantas muertas en áreas casi circulares, de tamaño variable. En el centro de éstas, se pueden encontrar algunas plantas libres de la infección; en las orillas se nota el avance de la enfermedad, ya que las plantas muestran amarilleamiento, se marchitan y mueren. Para controlar esta enfermedad, se recomienda efectuar rotación de cultivos por periodo de cuatro a cinco años con gramíneas y hacer barbechos profundos para exponer el hongo al sol. En caso de que cualquiera de estas tres enfermedades esté atacando fuertemente al cultivo de alfalfa, es recomendable hacer rotaciones de cultivos de gramíneas, principalmente sorgo durante un periodo de tres años (García y González, 1993).

Las enfermedades de la alfalfa son causadas por diversos organismos que pueden atacar una o varias partes de la planta. 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 principales enfermedades de la alfalfa en la Región Lagunera detectadas mediante estudios realizados durante 1995 y 1996 fueron: pudrición de la corona, antracnosis y pudrición texana. Éstas 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 enfermedades foliares que más se observaron en este estudio fueron mildiu veloso y roya, y con menor frecuencia resultaron virosis y mancha foliar ocasionada por hongos *Stemphylium* y *Alternaria* (Chew, 2000).

Enfermedades de la hoja. Entre las enfermedades más importantes, por lo daños que ocasionan, destaca la peca de la hoja y el mildiu veloso, que a continuación se describen.

Peca de la hoja. Esta enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en la mayoría de las zonas alfareras de México; especialmente en la época de lluvias, cuando prevalecen periodos frescos y húmedos. Los síntomas se manifiestan en las hojas a manera de manchitas redondas de color café oscuro, casi negro, cuyo tamaño varía de 1 a 3 mm. Cuando el daño es severo, las hojas se ponen de color amarillo y llegan a caerse de la planta. Esta enfermedad reduce la calidad del follaje. El control químico no es costeable y una forma de reducir los daños, es adelantando un poco la fecha del corte. Las enfermedades muchas veces reducen la vida de la alfalfa y merman la producción de forraje y su calidad. Estas enfermedades se presentan principalmente en la raíz y en las hojas (García, *et al.*, 1993).

Mildiu veloso. Esta enfermedad, llamada también "cenicilla", se presenta cuando existen temperaturas frescas acompañadas de humedad ambiental. Cuando la planta es atacada por esta enfermedad, primeramente se nota sobre la hoja una coloración verde pálido que poco a poco cambia el color amarillo y en la parte de abajo de la hoja se forma una masa algodonosa de color blanco grisáceo. Cuando el daño es intenso, las hojas pierden coloración se deforman y llegan a desprenderse. Al igual que la peca, el corte adelantado de la alfalfa es la práctica más común para conservar las hojas (García y González, 1993).

Enfermedades de la raíz. Estas enfermedades son producidas principalmente por hongos y bacterias. Se presentan con más frecuencia en suelos con drenajes deficientes o

encharcamientos. A continuación se describen los tipos de enfermedades que pueden causar mayores problemas.

Marchitez de la alfalfa. La marchitez, causada por un hongo, ocurre en áreas con suelos de drenaje deficiente o donde se forman encharcamientos. El follaje de las plantas dañadas toma un color amarillento, formándose en algunas partes una coloración rojiza y en ocasiones mueren. También, en las raíces se observan lesiones hundidas de tamaño variable; al principio de color amarillo y que después se tornan de color café oscuro con las orillas amarillas. Estas lesiones pueden localizarse en cualquier parte de la raíz. Para prevenir esta enfermedad se recomienda evitar los excesos de agua en el suelo, y se debe nivelar perfectamente el terreno antes de sembrar y dar riegos ligeros en forma frecuente (García y González, 1993).

En relación a enfermedades de la alfalfa, síntomas y control en el Cuadro 6, se observan algunas recomendaciones realizadas por Zapata y Peñúñuri (1991).

Cuadro 6. Principales enfermedades del cultivo de alfalfa, síntomas y control.

ENFERMEDAD	SÍNTOMAS	CONTROL
Pudrición texana	Tallos y retoños amarillos raíces color negro y filamentos blanquecinos en corteza.	Rotación de cultivos como trigo, avena, maíz incorporados como abono verde.
Cenicilla vellosa	Puntas de hojas y tallos con manchas verde claro, vellosidad color gris en área foliar.	Adelantando cortes, reduciendo lámina y frecuencia de riegos, espolvorear azufre, karathane ó zineb.
Chahuixtle de la alfalfa	Hojas y tallos con pústulas color castaño rojizas.	Adelantando cortes, reduciendo lámina y frecuencia de riegos, espolvorear azufre, karathane ó zineb.

(Zapata y Peñúñuri, 1991).

Plagas de la alfalfa

Entre las plagas que se presentan en alfalfares de la Región Lagunera, se encuentran el pulgón verde, *Acyrtosiphon pisum*; pulgón manchado, *Therioaphis maculata*; gusano soldado, *Spodoptera exigua*; chicharrita de la alfalfa o chicharrita

verde, *Empoasca fabae* y periquito tricornudo, *Spissistilus* sp (Ramírez y Camberos. 2000.)

Por otra parte, en el Cuadro 7, se observan las principales plagas del cultivo de alfalfa, las formas de controlar con insecticidas, dosis por ha, así como la época de aplicación.

Cuadro 7. Plagas en cultivo de alfalfa, insecticida recomendado, dosis por ha y época de aplicación.

Plaga	Insecticida y formulación	Dosis/ha	Días/última aplicación y cosecha	Época de aplicación
Chinche lygus y rápida	Dimetoato C.E. 40 %	1.5-2 L	10	Insectos ampliamente distribuidos
	Gusathion P.U. 35 %	0.75-1.5 L	21	
	Supracid C.E. 40	1 L	14	
Chicharrita	Dimetoato C.E. 40 %	1.5-2 L	10	500 adultos/100 redadas
	Gusathion metílico P.H. 35 %	0.75-1.5 L	21	
Pulgón verde	Dimetoato C.E. 40 %	1.5-2 L	10	10 pulgones/tallos
Pulgón azul	Lorsban C.E. 480	0.1-1 L	20	
Pulgón manchado	Basudin C.E. 60	1-1.5 L	14	
Picudo alfalfa	Gusathion P.U. 35 %	0.75-1.5 L	21	10 picudos/100 redada
	Thiodan C.E. 35 %	1.5-2 L	21	
Picudo egipcio	Supracid C.E. 40 %	1.5 L	14	75 larvas/redada
	Basudin C.E. 60	1-1.5 L	14	
	Lorsban C.E. 480	1 L	20	
Picudo (larvas)	Dimetoato C.E. 40 %	1.5-2 L	10	
	Furadon 350 L	4 L	28	
	Lorsban C.E. 480	1 L	20	
Chapulines	Lorsban 480 C.E.	1 L	20	30-40 % plantas dañadas
	Basudin C.E. 60	1-1.5 L	14	
Gusano soldado	Lorsban C.E. 480	1-1.5 L	20	25 larvas/100 redadas
Gusano verde	Decis C.E. 2.5	0.5 L	1	30 larvas/100 redadas
Gusano peludo	Lannate R.S. 90	0.5 kg	7	30 larvas/100 redadas
Mariposita amarilla	Lannate R.S. 90	0.25-0.40 kg	7	

(Zapata y Peñúñuri, 1991).

Cosecha de semilla

Estudios realizados referentes a variabilidad y control genético, así como efectos ambientales sobre la producción de semilla en alfalfa, proponen un criterio y un esquema de selección para aumentar esta producción. La producción de semilla y sus componentes presentan alta variabilidad genética inter e intra varietal. Las mayores heredabilidades, en el sentido estricto, están en la producción de semilla por planta (0.52), peso de semillas por inflorescencia (0.56) y número de semillas por vaina (0.56), siendo la varianza aditiva la principal fuente de variación genética. Existe la interacción genotipo x medio para la producción de semilla, por el contrario, el peso de semillas por inflorescencia presenta estabilidad al medio y está correlacionado genéticamente con la producción de semilla (0.92, $P < 0.001$) (Bolaños *et al.*, 2004).

Además, los valores observados en este componente en plantas espaciadas están correlacionados (0.84 y 0.65 para los años 1997 y 1998, ($P < 0.001$) con los observados en cobertura densa. El incremento del potencial de producción de semilla en alfalfa, podría alcanzarse utilizando al peso de semillas por inflorescencia como criterio de selección. Efectivamente, este componente presenta estabilidad al medio, variabilidad genética, alta heredabilidad y es de fácil empleo. En base a lo anterior, el esquema de selección propuesto valoriza la aptitud combinatoria general de las plantas parentales, dentro de un dispositivo combinado individuo-familia, y al peso total de la inflorescencia como criterio de selección, por estar la variación de este último componente explicado en un 70 % por la variación del peso de semillas por inflorescencia (Bolaños *et al.*, 2004).

La alfalfa se ha destacado en México como la especie forrajera más importante, debido a sus altos rendimientos y calidad. La mayor proporción de áreas cultivadas con esta especie se siembra con semilla importada del extranjero que encarecen su costo, lo que conlleva a una importante fuga de divisas. En México, la producción de semilla de alfalfa de alta calidad podría ocupar un lugar importante en la economía del país como actividad agrícola especializada, si se lleva a cabo en forma tecnificada como en otros países. Se recomienda sembrar a finales de septiembre o principios de octubre, para

asegurar dos cosechas de semilla al año. La densidad de siembra que se recomienda utilizar es de 2 a 4 kg ha⁻¹. La semilla se debe depositar a chorrillo en la parte media del lomo de los surcos separados a 80 o 90 cm a una profundidad de 1 – 2 cm. Se debe de aplicar fertilizante a una dosis de 40, 160 y 10 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente, en la siembra; se recomienda hacer una segunda aplicación con 20, 20 y 10 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente, después de cada cosecha de semilla. Se deben colocar de 8 a 12 colmenas por ha para asegurar una adecuada polinización cuando se inicie la floración, de tal forma que se produzca gran cantidad de semilla, de lo contrario la formación de ésta, será un fracaso (Rivas, *et al.*, 2007).

La cosecha se recomienda desarrollar, cuando del 60 al 75 % de las vainas presentes en las plantas, muestren un color negro o café marrón. La cosecha se realiza cortando las plantas a una altura de 5 cm sobre la superficie del suelo, para su secado en el terreno de cultivo a temperatura ambiente. La separación de la semilla se hace trillando las plantas con vainas en forma manual o con trilladora para semilla pequeña, para después limpiarla con zarandas o sopladores de baja revolución (Rivas, *et al.*, 2007).

También se realiza con en el empleo de maquinaria combinada, la cual ejecuta en una sola operación el corte y la trilla de las plantas, separando la semilla de las vainas y de la paja. Esta se usa con más frecuencia para cosechar semillas pequeñas de zacates y leguminosas forrajeras, y es lo mejor que se recomienda para alfalfa. Otra forma sería emplear una cosechadora que corta las plantas y las acomoda en hileras o bandas en el campo, para que completen la madurez y el secado adecuados. Posteriormente, para trillar y separar las semillas de las vainas y de la paja, se pueden utilizar una trilladora estacionaria o una combinada móvil, adaptando un aditamento especial para levantar de las hileras el material ya seco (Rivas, *et al.*, 2007).

Las características más importantes que debe tener la localidad destinada a la producción de semilla son: a) clima cálido seco o seco, b) humedad atmosférica baja, c) temperatura media anual de 20 a 25 °C, d) libre de heladas y e) precipitación pluvial

menor de 400 mm. En el país se han realizado diferentes trabajos con resultados alentadores, con un promedio de 600 kg ha⁻¹. Con los resultados obtenidos y con la técnica propuesta, en México, la producción de semilla de alfalfa de alta calidad podría ocupar un lugar importante en la economía del país como actividad agrícola especializada, si se lleva a cabo en forma tecnificada como en otros países (Rivas, *et al.*, 2007).

La alfalfa es la principal especie forrajera que se produce en todo el mundo. En México se cultivan alrededor de 338 000 ha, con un rendimiento medio nacional de 75.6 t ha⁻¹ de FV al año (Centro de Estadística Agropecuaria, 2001, citado por Rivera, *et al.*, 2004), en la Región Lagunera (Estados de Durango y Coahuila) se siembran anualmente más de 36 000 ha con un rendimiento medio regional similar al nacional de 73.5 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2001 citado por Rivera *et al.*, 2004).

Villegas, *et al.* (2004), desarrollaron un estudio con el objetivo de determinar la edad de rebrote a la cual debe de ser cosechada la alfalfa, en las diferentes estaciones del año. Se realizó un análisis de crecimiento estacional en las variedades de alfalfa valenciana y Oaxaca, en los valles centrales de Oaxaca. Los tratamientos consistieron en cortes semanales sucesivos, durante un ciclo de rebrote de ocho semanas, en cada estación del año. Se evaluó semanalmente la acumulación de MS, tasa de crecimiento de cultivo (TCC), relación hoja: tallo, número de hojas por tallo e índice de área foliar (IAF). Los resultados indican que la acumulación estacional, presentó el siguiente orden descendente: primavera > invierno > verano > otoño. Se observó, que la acumulación de MS tiene una relación directa con la TCC y el IAF, no es así con el número de hojas por tallo. Los resultados sugieren que para obtener la máxima producción de forraje, la cosecha debe realizarse en la variedad Valenciana en las semanas de rebrote 4, 4, 5 y 8 y en la Oaxaca a las semanas 6, 4, 5 y 6 para primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente (Villegas, *et al.*, 2004).

Estudios realizados en la Comarca Lagunera, en el estado Coahuila, para evaluar producción y valor nutritivo del forraje de tres variedades de alfalfa, tratadas con

estiércol de bovino y con riego por goteo subsuperficial, determinaron la composición de N, P, K, Ca y Mg en el tejido vegetal, como un indicador de los volúmenes de extracción para cada nutrimento. Las variedades fueron: CUF 101, Sandor y Alta verde. Con aplicación de cinco cantidades de estiércol (0, 40, 80, 120, 160 t ha⁻¹) y uno de fertilizante químico (30-100 kg ha⁻¹ de N y P) como testigo. Respecto al FS se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de estiércol pero no como variedades. Los valores de producción más altos, se observaron en los meses de marzo, abril y junio en los tratamientos de estiércol de 80, 120 y 160 t ha⁻¹, con valores superiores de 4 t ha⁻¹ de FS (Vázquez, *et al.*, 2010).

En las variables de valor nutritivo del forraje (proteína cruda, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente, y energía), tampoco se detectaron diferencias significativas entre variedades ni entre tratamientos de fertilización. Con respecto a la extracción de N, P, K, Ca y Mg por las plantas, en los cortes 5° al 8°, es donde se presentó la mayor extracción de dichos elementos con aproximadamente 160 kg ha⁻¹ de N, 12-14 kg ha⁻¹ P y 125 kg ha⁻¹ de K (Vázquez, *et al.*, 2010).

En México, la alfalfa es el cultivo forrajero más importante. Durante los últimos años, la superficie sembrada con esta leguminosa alcanzó alrededor de 230 000 ha, de las cuales 30 000 ha se cultivaron bajo condiciones de riego superficial en las zonas ganaderas productoras de leche y carne del noroeste del país. En la región de Caborca, Sonora, actualmente se siembran alrededor de 1 015 ha de alfalfa. Estudios realizados durante el año 2005, en el Sitio Experimental del INIFAP de Caborca, Sonora, para determinar la dosis de N y porcentaje de evapotranspiración de referencia (ET_o) así como el mejor índice de uso en la eficiencia del agua (UEA); se evaluaron nueve tratamientos, el factor A con tres dosis de N (0, 100 y 200 kg ha⁻¹), el factor B utilizando tres valores de ET_o (72%, 128% y 145% de evapotranspiración con un arreglo factorial 3x3 en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Los resultados mostraron que el N aplicado no afectó el rendimiento de alfalfa en un suelo migajón arenoso. Sin embargo, se encontró diferencia significativa en altura de la planta con dosis de 200 kg ha⁻¹ (mayor altura). La mayor eficiencia UEA fue la de 128% ET_o

con rendimiento de 23.86 t ha⁻¹ y 190.40 cm de agua aplicada (Fimbres y Navarrete, 2010).

En el Campo Experimental La Laguna, se desarrollaron estudios para evaluar la simulación del rendimiento de alfalfa y emplear estimaciones con un modelo para determinar su potencial productivo en diferentes ambientes ecológicos, e identificar geográficamente aéreas con diferente potencial para su producción en México. Estimaron la producción de MS por ha en Delicias, Chih., Torreón, Coah., Durango, Dgo., Zacatecas, Zac, Aguascalientes, Ags., Morelia, Mich. y Texcoco, Méx. Las aéreas de alto potencial productivo se determinaron empleando bases nacionales de datos georreferenciados de topografía, suelos y clima, así como los criterios agronómicos para clasificar el potencial productivo de la alfalfa (Santamaría, *et al.*, 2000).

Los rendimientos de MS por ha de las diferentes localidades estuvieron relacionados principalmente con la temperatura media anual ($r^2=0.98$; $P<0.05$). Este estudio sugiere, que todos los ambientes semicálidos son apropiados para la producción de alfalfa, mientras que dentro de los ambientes templados, el potencial productivo se reduce cuando la temperatura media anual es menor de 19°C. En el caso de los ambientes cálidos, las zonas para producción de alfalfa, se restringen a lugares con temperaturas medias anuales menores de 22.5°C (Santamaría, *et al.*, 2000).

La alfalfa es un cultivo versátil que puede utilizarse en diferentes formas, las más usuales son servirla en verde o procesarla para empacarla y ofrecerla como heno. Otras alternativas de uso, pero no tan comunes son el ensilaje y pastoreo. 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 MS 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 (Quiroga, 2000).

La conservación de forrajes es un proceso que permite aprovechar los periodos de mayor producción de forrajes con mínimas pérdidas en cantidad y calidad nutritiva y por el 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 la 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 (Núñez, 2000).

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 (Kawas *et al.*, 1989; Lamas *et al.*, 1990; Satter 1999, citados por (Núñez, 2000), indican que la utilización de alfalfa cortada después del estado de 50 % 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. Este investigador considera que el beneficio de la utilización de alfalfa de calidad suprema, es menos de 40 % de fibra detergente neutro. En Cuadro 8, se aprecia la calidad nutritiva del heno de alfalfa a diferentes estados de desarrollo. (Núñez, 2000).

Cuadro 8. Calidad nutritiva de henos de alfalfa a diferente estado de desarrollo.

Estado de desarrollo	Proteína cruda (%)	Fibra Detergente Neutro (%)	Energía neta de lactancia, (Mcal kg ⁻¹ de MS ⁻¹)
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

(Núñez, 2000).

Métodos de Conservación

La alfalfa verde tiene más proteína y menos fibra y lignina que el heno o ensilado (Cuadro 9). Durante el henificado y ensilaje, pueden ocurrir reacciones ocasionadas por

temperaturas altas que inducen aumentos en fracciones de fibras y disminución en la disponibilidad de la proteína. La proteína de la alfalfa ensilada, es degradada por enzimas proteolíticas durante el proceso del ensilaje, lo cual ocasiona que hasta un 50 %, se encuentre en forma de nitrógeno no proteínico. Dicha situación, se resuelve con la inclusión de fuentes adecuadas de proteína de sobrepaso en las reacciones (Broderick, 1995, citado por Núñez, 2000).

Cuadro 9. Características químicas y digestibilidad *in vitro* de la alfalfa en diferentes formas.

Características %	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

(Núñez, 2000).

Aspectos poco conocidos por los productores de alfalfas en el Estado de Sonora, son lo referente a la dormancia. Sobre este particular existe la definición, donde se menciona que consiste en la capacidad que tiene la alfalfa, para disminuir o detener su crecimiento conforme bajan las temperaturas y los días se hacen cortos. Así mismo, sugieren para el Estado de Sonora, variedades como la Genex 9890, Genex 9790, y CUF 101, con dormancia de 10, 9 y 9 respectivamente (Cabanillas *et al.*, 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, ubicado a 21 km en la Costa de Hermosillo, Sonora, sobre la carretera Hermosillo-Bahía de Kino. Con latitud norte de $29^{\circ} 00' 52''$ longitud al oeste de Greenwich $111^{\circ} 07' 56''$, altura de 149 msnm. Con una temperatura promedio de 23.89°C , temperatura máxima de 37.96°C , temperatura mínima de 22.56°C y una precipitación promedio anual de 146 mm.

(<http://www.agroson.org.mx>)

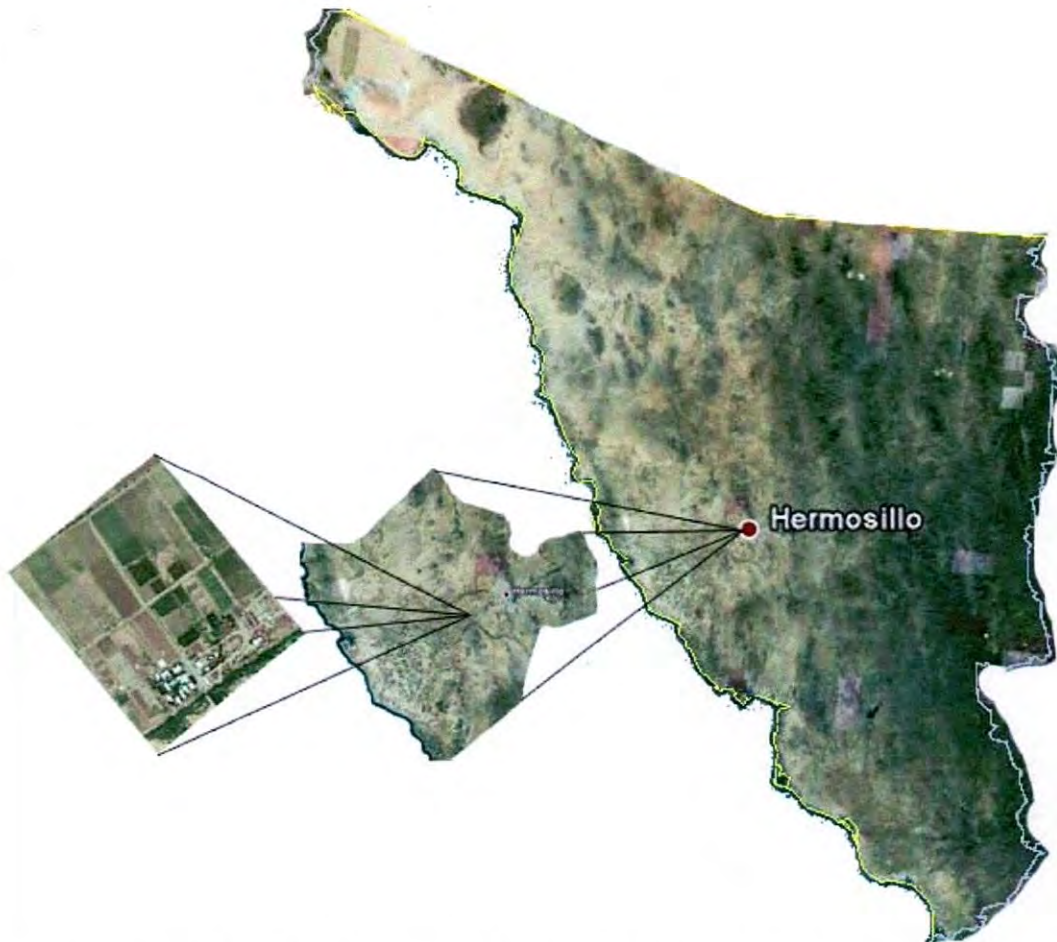


Figura 2. Mapa del área del municipio de Hermosillo, Sonora, donde se llevó a cabo el estudio.

El experimento inició en octubre del 2009, la preparación del terreno consistió en: barbecho, rastreo, fertilización, rastreo cruzado para incorporar el fertilizante y tabloneo. La siembra se realizó en seco, al voleo, enterrando la semilla con una ligera rastra de rama, tratando de depositarla a un cm bajo el suelo; se utilizó una densidad de 35 kg ha^{-1} de semilla de alfalfa variedad CUF-101 inoculada. El riego de germinación, fue el 6 de noviembre del 2009.

Se fertilizó en presiembra con 120 kg de $11-52-0$ conocido comercialmente como fosfato mono amónico, adicionalmente se aplicaron 100 kg ha^{-1} de urea. Ambas fuentes de fertilizantes se incorporaron al suelo con el paso del segundo rastreo cruzado. El establecimiento del cultivo fue desde el riego de germinación, hasta el desarrollo del primer corte. Este periodo comprendió del 6 de noviembre del 2009, hasta el 28 de febrero del 2010; sumando así, 115 días. Los cortes de alfalfa se desarrollaron tomando en cuenta además de altura del cultivo y días de recuperación, los rebrotes o ahijamientos pequeños que nacen en la base de la corona. Cuando estos hijuelos, alcanzaban una altura entre 8 y 10 cm y se tornaban color amarillento, era un detonante para realizar el corte de alfalfa (Peñúñuri, 2010).



Figura 3. Materiales utilizados para aplicación de ácido fosfórico en el estudio.



Figura 4. Aplicación del ácido fosfórico controlado por válvula y flotador a través del riego por gravedad.

Se utilizó un diseño experimental, completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento. Los tratamientos estudiados fueron:

- Testigo sin fertilización de P_2O_5 (T).
- Aplicación de 75 kg de P_2O_5 /ha (T75).
- Aplicación de 150 kg de P_2O_5 /ha (T150).
- Aplicación de 300 kg de P_2O_5 /ha (T300).

Se utilizaron 4 parcelas de 10 m de ancho por 80 m de largo cada una, contando con 3200 m² de área útil total, donde se alojaron todos los tratamientos y repeticiones.

En figuras 3 y 4, se aprecian los materiales utilizados para la aplicación dosificada del ácido fosfórico en los diferentes tratamientos en estudio, mismo que se realizó a través del agua de riego por gravedad.



Figura 5. Muestreo del cultivo de alfalfa para determinar la producción de forraje.

Las variables estudiadas fueron: producción de FV por ha por corte; producción de FV por ha total por año; producción de MS por ha por corte y producción de MS por ha total por año. Para determinar las producciones de FV por ha (figura 5), se utilizó el sistema de m^2 , para lo que se empleó un cuadrante de $0.25 m^2$. Este se tiraba al azar sobre el cultivo de alfalfa, cortando todo el forraje existente dentro del cuadrante. Para este objetivo, primeramente se desalojaban los tallos de las plantas provenientes de la base del cultivo que quedaban afuera del cuadrante, cortando únicamente las plantas cuyos tallos quedaban dentro del mismo. Las muestras obtenidas del corte se pesaban inmediatamente en el campo, apoyándose con una balanza granataria. Posteriormente las muestras del producto obtenido de FV, se depositaban en bolsas de polietileno y se trasladaban al laboratorio de nutrición animal del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. De cada repetición, se tomaba una submuestra de alfalfa verde, con la finalidad de determinar porcentajes de humedad y MS. Para este propósito, se picaban a 2 cm de longitud todas las plantas de alfalfa muestreadas, y se formaba un pool proveniente de las cinco repeticiones. Del mismo se tomaba una

submuestra de 200 g, que era depositada en charola. Cada muestra se identificaba tomando la siguiente información: tratamiento, fecha de corte, cultivo, lugar, peso de charola, peso de charola más muestra húmeda, peso charola mas muestra seca. Seguidamente se depositaban en estufas de aire forzado, controlando la temperatura a 68°C, donde permanecían durante 48 horas. Pasado este tiempo cada muestra seca en su respectiva charola, se pesaba, determinando contenidos de humedad y % de MS del cultivo, para los diferentes tratamientos estudiados.

Los análisis químicos de alfalfa se realizaron en el laboratorio de alimentos del Departamento de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad de Sonora. Las muestras de forraje se molieron a través de una criba de 1 mm. Posteriormente se homogeneizaron y a través del método de cuarteo se tomó una muestra representativa a fin de realizar el análisis químico para determinar PC (AOAC, 1990). De acuerdo a los resultados de la PC, se desarrolló un análisis económico comparativo de producir un kg de PC bajo las condiciones en que se desarrolló este trabajo; con el único propósito de compararlo con el costo de PC, de tres ingredientes forrajeros que tradicionalmente adquieren los productores de la entidad, como son: alfalfa henificada, harinolina y salvado.

Toda la información obtenida se desarrolló durante el período comprendido de noviembre del 2009, a marzo del 2011. La información obtenida se analizó estadísticamente, utilizando los procedimientos GLM y la opción LS Means del paquete SAS (SAS, 2002), mediante un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento. El efecto mínimo cuadrado de los tratamientos sobre las variables de respuesta, se determinó analizando la varianza de dichos efectos a través de un modelo lineal generalizado, donde además de los tratamientos se consideró, a la temperatura promedio registrada entre cortes, para remover así varianza medioambiental, incluyéndose en el modelo como covariable. (Steel y Torrie, 1995). La separación de los efectos medios de los niveles de fósforo sobre las variables de producción y calidad de alfalfa, se determinó transformando los valores medios

aritméticos a mínimos cuadrados. (SAS, 2002). En figura 6, se aprecia una panorámica de la superficie donde se localizaron los tratamientos en estudio, del cultivo de alfalfa.



Figura 6. Superficie del área de estudio, donde se establecieron los diferentes tratamientos con aplicación de ácido fosfórico.

RESULTADOS

En total se realizaron nueve cortes de alfalfa en el período comprendido, de marzo del 2010 a febrero del 2011. En el cuadro 10, se aprecian la producción de FV de alfalfa variedad CUF 101, obtenida por corte en los diferentes tratamientos.

Cuadro 10. Medias de los cuadrados mínimos (\pm EE) para la producción de FV de alfalfa ($t\ ha^{-1}$), por corte, bajo el efecto de los tratamientos.

No de Corte y Fecha	T r a t a m i e n t o s (Dosis de P_2O_5)				EEM.
	T	T75	T150	T300	
1. Marzo 23 de 2010	15.48	17.11	15.86	14.85	1.03
2. Abril 26 de 2010	17.07	18.88	21.54	18.61	1.30
3. Mayo 28 de 2010	14.40	14.16	14.80	14.28	1.80
4. Junio 29 de 2010	11.15	16.31	17.10	18.03	2.61
5. Agosto 10 de 2010	12.04	13.94	12.93	12.88	1.26
6. Septiembre 11 de 2010	7.14 a	5.06 b	7.95 b	6.58 a	0.79
7. Octubre 14 de 2010	8.79 b	5.98 b	6.38 bc	7.36 a	0.73
8. Noviembre 25 de 2010	9.17	6.44	10.76	14.17	0.97
9. Febrero 08 de 2011	8.99	6.83	7.81	8.21	0.80
Suma total	104.23	104.71	115.13	114.97	
Promedio/corte	11.58	11.63	12.79	12.77	

a,b,c, entre tratamientos, indican diferencias en medias de producción ($P < 0.05$).

EEM – error estándar de la media

En este cuadro 10 se aprecia que la producción de FV se vio afectada entre las diferentes dosis de P_2O_5 , durante los cortes 6 y 7, con producciones que fluctúan entre 7.95 y 5.06 ($P < 0.05$) $t\ ha^{-1}$ para el corte de septiembre en las dosis de T150 y T75; y entre 8.79 y 5.98 ($P < 0.05$) $t\ ha^{-1}$ para T y T75 de $P_2O_5\ kg\ ha^{-1}$ para el mes de octubre respectivamente. También se presentan las proporciones de MS registradas en el forraje de alfalfa, en cada corte, para las áreas con diversas aplicaciones de ácido fosfórico con que se trató. En la producción total de FV, los tratamientos T y T75 fueron similares con 104.23 y 104.71 $t\ ha^{-1}$ de FV; siguiendo la misma tendencia en tratamientos T150 y T300, que produjeron 115.13 y 114.97 $t\ ha^{-1}$ de FV respectivamente. No se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre cortes de 1, 2, 3, 4 y 5, así como entre cortes 8 y 9.

Cuadro 11. Proporciones medias mínimo cuadrado de porcentaje de MS en alfalfa CUF-101, con aplicación de diferentes dosis de P_2O_5 , ajustada por temperatura media entre periodo de corte.

No de Corte y Fecha	T r a t a m i e n t o s (Dosis de P_2O_5)			
	T	T75	T150	T300
1. Marzo 23 del 2010	20.1	17.7	19.6	18.2
2. Abril 26 del 2010	20.0	19.0	19.2	18.7
3. Mayo 28 del 2010	22.7 a	21.9 c	21.3 d	22.0 b
4. Junio 29 del 2010	27.8 a	22.2 d	24.9 b	23.2 c
5. Agosto 10 del 2010	31.0 b	31.0 b	33.7 a	30.2 c
6. Septiembre 11 del 2010	34.6 a	30.4 c	31.4 c	32.9 b
7. Octubre 14 del 2010	23.2 b	24.0 a	22.1 d	23.1 c
8. Noviembre 25 del 2010	21.6 b	23.1 a	20.2 c	22.1 b
9. Febrero 08 del 2011	25.5 c	28.5 a	24.5 d	27.3 b
Suma total	226.5	217.8	216.9	217.7
Promedio/corte	25.17	24.20	24.10	24.19

a,b,c,d. entre dosis de P_2O_5 , por fecha de corte, muestran diferencias en medias de proporciones de MS ($P < 0.05$). EEM=0.001

En este Cuadro 11, se aprecia que al ajustar la producción de alfalfa por la temperatura media durante el período entre cortes, incluida en el modelo como covariable, mostró significancia ($P < 0.01$), corroborándose que el factor temperatura, afecta la expresión del potencial productivo de este cultivo, la proporción de MS, osciló entre ($P > 0.05$) 17.7 ± 0.001 y 20.1 ± 0.001 , y entre 18.7 ± 0.001 y 20.0 ± 0.001 %, en los dos primeros cortes, para los diversos tratamientos, respectivamente, mientras que para el periodo comprendido entre los cortes 4, 5 y 6, los % de MS se incrementaron a rangos que fluctuaron entre ($P < 0.05$) 22.2% (T75) de MS y el máximo fue de 34.6% (T). En los cortes 7, 8 y 9, los rangos en porcentaje de MS, fueron de ($P < 0.05$) 20.2% de MS para T150, del corte 8, y el máximo fue de 28.5% para T75, en corte 9. Los promedios en porcentaje de MS, para los tratamientos fueron de 25.17, 24.20, 24.10 y 24.19% de MS para T, T75, T150 y T300, respectivamente.

Cuadro 12. Media de los cuadrados mínimos (\pm error estándar) de la producción de MS de alfalfa CUF-101 ($t\ ha^{-1}$), obtenida por corte, entre los diferentes dosis de P_2O_5 aplicados.

No Corte y Fecha	T r a t a m i e n t o s (Dosis de P_2O_5)			
	T	T75	T150	T300
1. Marzo 23 del 2010	3.11 \pm 0.20	3.03 \pm 0.19	3.12 \pm 0.19	2.70 \pm 0.20
2. Abril 26 del 2010	3.42 \pm 0.24	3.59 \pm 0.25	4.13 \pm 0.25	3.48 \pm 0.25
3. Mayo 28 del 2010	3.27 \pm 0.43	3.10 \pm 0.39	3.15 \pm 0.37	3.14 \pm 0.37
4. Junio 29 del 2010	3.05 \pm 0.82	3.56 \pm 0.46	4.33 \pm 0.63	4.24 \pm 0.63
5. Agosto 10 del 2010	3.72 \pm 0.41	4.33 \pm 0.38	4.36 \pm 0.37	3.90 \pm 0.40
6. Septiembre 11 del 2010	2.47 \pm 0.26a	1.53 \pm 0.26b	2.49 \pm 0.26a	2.16 \pm 0.27ab
7. Octubre 14 del 2010	2.04 \pm 0.18a	1.44 \pm 0.13b	1.42 \pm 0.14b	1.69 \pm 0.22ab
8. Noviembre 25 del 2010	1.98 \pm 0.20bc	1.49 \pm 0.19c	2.17 \pm 0.22b	3.12 \pm 0.27a
9. Febrero 08 del 2011	2.29 \pm 0.22	1.94 \pm 0.20	1.91 \pm 0.22	2.24 \pm 0.20
Promedio/corte/tratamiento	2.82 \pm 0.22	2.67 \pm 0.20	3.00 \pm 0.22	2.96 \pm 0.20

a,b,c,d, en la misma fila, muestran diferencias ($P < 0.05$) entre dosis de P_2O_5 .

En Cuadro 12, se observan las producciones de MS obtenidas en cada uno de los cortes para los distintos tratamientos. Se aprecia que las producciones promedios por corte de MS fueron muy similares ($P > 0.05$) para todos los tratamientos en los primeros 5 cortes, oscilando entre 2.70 y 4.36 $t\ ha^{-1}$ de MS, para los tratamientos T300 y T150 de $P_2O_5\ kg\ ha^{-1}$ respectivamente.

Las mayores producciones de alfalfa se registraron en general para todos los tratamientos ($P > 0.05$) en los cortes 4 y 5, con producciones hasta de 4.36 \pm 0.37 $t\ ha^{-1}$ de MS, realizados en los meses de junio y agosto, mientras que el rango inferior fue de 3.05 \pm 0.82. La menor producción de MS ha^{-1} en los primeros 5 cortes, sin diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$), siempre fluctuó por encima de 2.70 \pm 0.20 $t\ ha^{-1}$ de MS por corte; la mayor producción fue de 4.36 \pm 0.37 $t\ ha^{-1}$ de MS por corte en T150. En este mismo cuadro 12, se aprecia que en los cortes 6, 7 y 8, hay diferencias ($P < 0.05$) en producción de MS entre las dosis de P_2O_5 . El tratamiento T300 presentó la mayor producción, con 3.12 \pm 0.27 $t\ ha^{-1}$ de MS, respecto a T150 que reportó 1.42 \pm 0.14 $t\ ha^{-1}$ de MS. Asimismo, se puede apreciar en este cuadro, que los promedios de producción de MS ha^{-1} en los nueve cortes, fueron de 2.82 \pm 0.22, 2.67 \pm 0.20, 3.00 \pm 0.22 y 2.96 \pm 0.20 $t\ ha^{-1}$ de MS por corte para T, T75, T150 y T300 respectivamente. Lo anterior, representa producciones totales de MS ha^{-1} de 25.38, 24.03, 27.00 y 26.64 $t\ ha^{-1}$, para T, T75, T150 y T300 respectivamente.

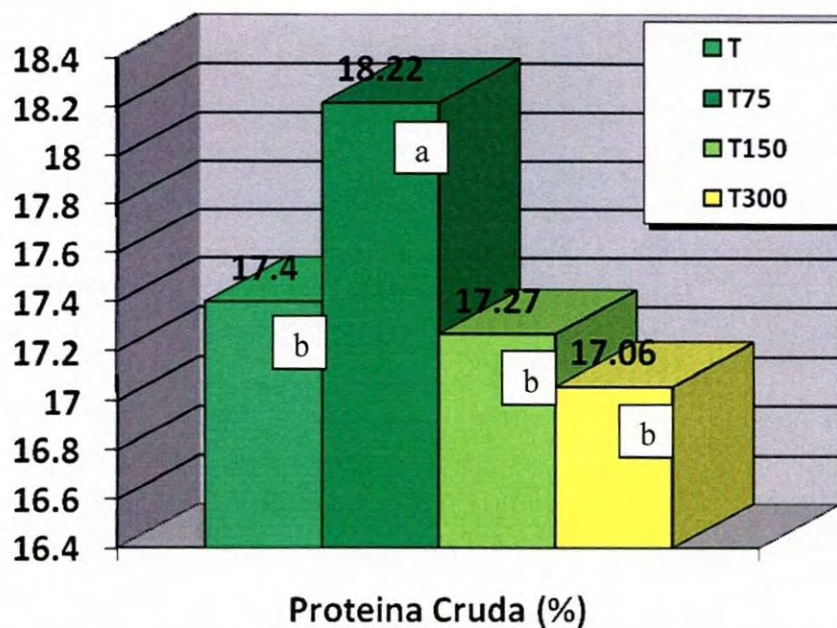


Figura 7. Aporte de PC (%) por el forraje de alfalfa CUF-101, con tres dosis de P_2O_5 ($P < 0.05$).

En la figura 7, se presentan la proporción de PC promedio, estimada en el forraje de alfalfa CUF-101, bajo la aplicación de tres dosis de P_2O_5 , en forma de ácido fosfórico en el riego, estos resultados muestran superioridad estadística ($P < 0.05$) para el T75 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , con respecto a las otras dosis, con valores porcentuales medias mínimo cuadrados de 17.40 ± 0.39 , 18.22 ± 0.39 , 17.27 ± 0.39 y 17.06 ± 0.39 %, para los tratamientos T, T75, T150 y T300, respectivamente.

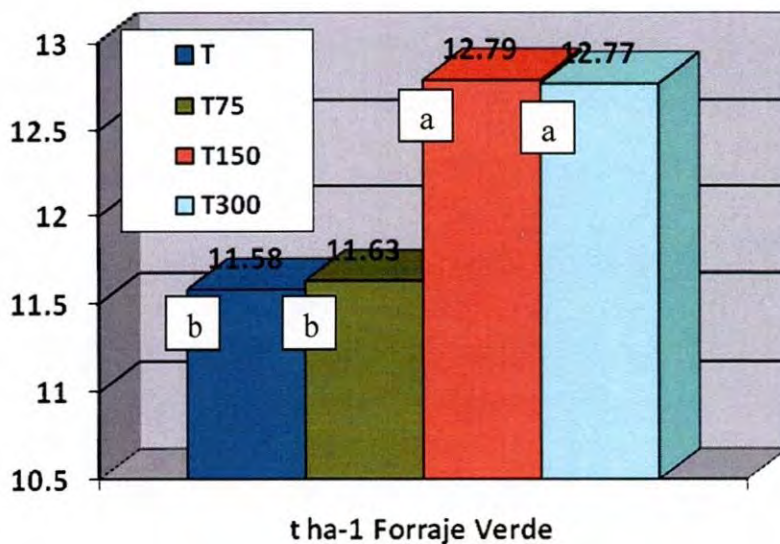


Figura 8. Producción de FV promedio por corte en t ha⁻¹ de alfalfa CUF-101, bajo diferentes dosis de P₂O₅ ($P>0.05$).

La figura 8, muestra la producción de FV en t ha⁻¹, promedio por corte para las diferentes dosis de P₂O₅ aplicados al cultivo, la cantidad producida medias mínimos cuadrados, oscila desde 11.58 ± 0.73 hasta 12.79 ± 0.73 , ($P>0.05$) para el T y T150, respectivamente, indicando que el efecto por aplicación de P₂O₅ medido en la producción de FV durante un año, no es tan determinante ($P>0.05$) o residual significativo respecto al testigo (dosis T).

En el cuadro 13, se aprecian los días transcurridos entre un corte y otro. El primer corte, se realizó el 23 de marzo del 2010; cortes subsecuentes se desarrollaron con períodos de recuperación mínimos de 31 a 32 días, y máximos con recuperaciones entre 42 y 44 días. Únicamente, en diciembre 26, no se realizó corte, debido a que accidentalmente entraron a pastorear animales dedicados a la producción de leche. En promedio, se realizó un corte cada 35.7 días, lo cual puede considerarse como períodos satisfactorios.

Cuadro 13. Días transcurridos entre cortes en cultivo de alfalfa.

Fecha de corte	Días transcurridos entre cortes
1. Marzo 23 del 2010	0
2. Abril 26 del 2010	33
3. Mayo 28 del 2010	32
4. Junio 29 del 2010	32
5. Agosto 10 del 2010	42
6. Septiembre 11 del 2010	32
7. Octubre 14 del 2010	33
8. Noviembre 25 del 2010	42
*Diciembre 26 del 2010	31
9. Febrero 08 del 2011	44
Suma total	321
Promedio/corte	35.7

*No se desarrollo corte para muestreo, debido a que accidentalmente entraron animales a pastoreo.

DISCUSION

Como se mencionó en principio, se aplicó en presiembra 120 kg ha^{-1} de 11-52-0 (fosfato mono amónico); lo que indica, que todos los tratamientos tuvieron el equivalente a 62.4 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Todas las producciones obtenidas, fueron superiores a las 100 t ha^{-1} de FV, y superiores a 24 t ha^{-1} de MS total. Estos resultados son muy superiores a las reportadas por INEGI (2011), y similares a los reportados por Zapata (1997), y Fimbres y Navarrete (2010), quienes reportan rendimientos de 23.86 t ha^{-1} de MS.

Las mayores producciones de FV fueron similares en tratamientos T150 y T300 con 115 t ha^{-1} de FV, estos resultados son un buen indicador comparativamente a lo obtenido en tratamientos T y T75, que fueron de 104 t ha^{-1} de FV respectivamente. Lo anterior representa una producción de FV superior en 10 t ha^{-1} para tratamientos con mayor cantidad de $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$; indicadores equivalentes entre 2.4 y 2.5 t ha^{-1} de MS superiores en T150 y T300, con respecto a T y T75. Sin embargo, es muy importante mencionar los costos del fertilizante utilizado, ácido fosfórico, cuyo precio de P_2O_5 fue de \$ 18.27 por kg; equivalentes a \$ 1.51 dólares por kg.

Referente al contenido de proteína cruda (PC), ésta fue de 17.40 ± 0.39 , 18.22 ± 0.39 , 17.27 ± 0.39 y $17.06 \pm 0.39\%$, para los tratamientos T, T75, T150 y T300, respectivamente; porcentajes similares a las obtenidas por Núñez (2000), cuyos promedios oscilan dependiendo en la forma de alimentar a los animales, variando entre 13.5% en forma de heno, 16.7 en ensilaje y 19.3% de PC en verde. Sin embargo, (Lizárraga *et al.*, 1980), recomiendan la mezcla de alfalfa-rhodes, ya que presenta buenos rendimientos de MS y PC ha^{-1} por año, las cuales variaron de 19.90% de PC con alfalfa-rhodes; 22.80% en alfalfa-panizo y 22.4% de PC con alfalfa sola.

En este trabajo se logró realizar nueve cortes, en cambio Lizárraga *et al.*, (1980), reportaron siete cortes con rendimiento promedio de 3 t ha⁻¹ de MS por corte; muy similares a los promedios obtenidos en este estudio con promedios por corte de 2.82, 2.67, 3.00 y 2.96 t ha⁻¹ de MS por corte para T, T75, T150 y T300 respectivamente. Lo anterior, representa producciones totales de MS por ha de 25.17, 24.20, 24.10 y 24.19 t ha⁻¹, para T, T75, T150 y T300 respectivamente, en cambio (Lizárraga *et al.*, 1980), obtuvo en total, una producción inferior en cultivo de alfalfa, con 22.3 t ha⁻¹ de MS.

Vázquez, *et al.*, (2010), mencionan que trabajando con alfalfa, los valores de producción más altos, los obtuvieron en los meses de marzo, abril y junio, superiores a 4 t ha⁻¹ de MS. Estos resultados, coinciden a los aquí obtenidos en los meses de abril y junio, con producciones hasta de 4.24 y 4.33 t ha⁻¹ de MS por corte en T300 y T150 respectivamente, e inferior a la lograda en mayo que reportó 3.10 t ha⁻¹ de MS por corte para T75.

Las mayores producciones de alfalfa en MS por día, se registraron en los meses de junio y agosto con producciones de 95.31 kg, a 96.14 kg ha⁻¹. Al respecto, (Muslera, 1991), menciona que los máximos crecimientos diarios de alfalfa bajo riego se producen en los meses de julio y agosto, con valores de MS por día de 130-135 kg ha⁻¹ en zonas de Andalucía oriental (España); pero en junio y septiembre son normales cantidades de 100-120 kg ha⁻¹ de MS por día, ligeramente superiores a las obtenidas en este trabajo.

Dentro del costo por kg de PC más económico que existente en el mercado, es obtenido del derivado de la harinolina. Es decir, una t de harinolina en casas comerciales de Sonora, cuesta \$6 000.00, con 40% de PC; de acuerdo a lo anterior, el costo por kg de PC, es de \$ 15.00. En la costa de Hermosillo, Sonora, el costo por ha por año del cultivo de alfalfa, oscila entre \$ 25 000.00 y \$ 32 000.00 dependiendo de factores como: suelo, manejo del cultivo, maquinaria e implementos agrícolas, así como profundidad del pozo y calidad del agua. Bajo este contexto, y de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, con producciones promedios de 24.42 t ha⁻¹ de MS por año y 17.49% de PC; se obtienen 4 271 kg ha⁻¹ de PC, que representa un costo por kg de PC de \$5.85 a \$7.49, lo

cual es muy atractivo. Sin embargo, es importante mencionar, que la producción de MS ha^{-1} de heno de alfalfa por año en la costa de Hermosillo, en promedio es de 17 t ha^{-1} , con un valor proteico de 14% PC. De acuerdo a lo anteriormente expuesto, el total de PC ha^{-1} , podrá reducirse a solo $2\ 380 \text{ kg ha}^{-1}$; incrementándose el costo a valores económicos entre \$10.50 y \$13.45 pesos por kg de PC, valor aún inferior, al costo por kg de PC proporcionado por harinolina. Otro ingrediente muy utilizado, es el salvado; el costo por t de salvado de trigo fue de \$3,250.00, con 16% de PC. Es decir, al adquirir una t de salvado, estamos obteniendo 160 kg de PC. Consecuentemente, el precio por kg de PC de salvado es de \$20.31.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto en cuadro 14, se presentan los costos por t de alfalfa obtenida en el estudio, salvado de trigo, harinolina y heno de alfalfa (pacas), que rigieron el 25 de junio del 2011 en el mercado local de Hermosillo, Sonora. Con esta base, se estimó, el costo por kg de PC, para los siguientes insumos más utilizados para ganado.

Cuadro 14. Costo comparativo por tonelada y por kg de PC para ingredientes más comunes en la alimentación de ganado.

Ingrediente	Costo por t \$	Kg t PC	Costo por kg PC
Alfalfa en estudio	1 167.00	174.90	6.67
Salvado de trigo	3 250.00	160.00	20.31
Harinolina	6 000.00	400.00	15.00
Heno de alfalfa	2 600.00	140.00	18.57

En el cuadro 14, se aprecian los costos por tonelada y por kg de PC para la alfalfa en estudio, salvado de trigo, harinolina y heno de alfalfa (en pacas), los cuales fueron de \$ 6.67; \$ 20.31; \$ 15.00; y \$ 18.57 pesos en m/n, respectivamente. Se puede apreciar, que producir el propio alimento con alfalfa, el costo por tonelada y/o de PC, es el mejor, con solo \$ 1 167.00 t^{-1} y de \$ 6.67 por kg de PC. En cambio al adquirir este insumo (heno en pacas), el costo se incrementa de 122% a 178% por t y PC respectivamente. El incremento en salvado, fue de 178.5% a 204% por t y PC. Sin embargo, el costo puede variar dependiendo del buen o mal manejo, fletes, volumen de cada alimento. El costo de PC en harinolina, fue de \$ 15.00, equivalente a 124% superior a alfalfa en estudio.

CONCLUSIONES

Las producciones de MS fueron superiores a 24.03 t ha^{-1} , para todos los tratamientos estudiados. El porcentaje de PC promedió, 17.40, 18.22, 17.27, y 17.06%, para Tratamiento T, T75, T150 y T300 kg. Lo anterior, representa, 4,416, 4,378, 4,663 y 4,545 de kg ha^{-1} de PC para cada uno de los tratamientos respectivamente.

De acuerdo a los resultados logrados en este estudio, se concluye que el mejor tratamiento correspondió a T150. Sin embargo, es importante mencionar el costo de producción que esto implica; debido principalmente al P_2O_5 en forma de ácido fosfórico, donde el precio en marzo del 2011, fue de \$ 9 500.00 t^{-1} .

No es recomendable realizar aplicaciones de fertilizantes superiores a 212.4 kg de $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, aplicados en T150.

Niveles altos de fósforo en el cultivo de alfalfa, no modifican el contenido de proteína cruda del forraje, en primer año de establecida.

Es interesante conocer el comportamiento productivo de la alfalfa, en años subsecuentes, debido a la importancia que tiene el fósforo en la producción de forraje y calidad del mismo, al menos durante los primeros tres años de establecida.

LITERATURA REVISADA

- Ackerman, B.A., D.G. Johnson, Navarro, C.A., y R.F. Alcaráz. 1991. Gramíneas de Sonora. SARH. Gobierno del estado de Sonora. Subdelegación de Ganadería. COTECOCA. 11p.
- Aguayo, A.A., G.C. Lizárraga, E.M. Salcedo. 1976. Comparación de pastoreo de ballico italiano vs. Ballico/alfalfa y la suplementación de ensilaje vs. Melaza en praderas bajo riego en Carbó, Sonora. Técnica pecuaria en México. No. 31.
- Anaya MC. 2004. Cultivo de alfalfa con riego por goteo sub superficial. Curso Taller teórico práctico. 22 Manual del participante.
- AOAC (1990). Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemist, Washington, D.C.
- Bolaños, A.E.D., C. Huyghe, y J. Bernadette. 2004. El peso de la inflorescencia como criterio de selección para aumentar la producción de semilla en alfalfa. INIFAP TEC PEC MEX. 42(3):397-409p.
- Cabanillas, C.R., D.G. Ibarra, C.G. Ortega. 2009. Pastoreo de alfalfa en la región del río sonora. INIFAP. SAGARPA. CIRNO. CECH. Desplegable para productores No 17. 1-3p.
- Castro, M. E. 2000. Maleza de la alfalfa. Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. SAGDR. INIFAP. CIRNC. CELL. Libro Técnico No 2. 29-44p.
- Chávez, D.J.A. 2006. Producción de alfalfa con riego por goteo subsuperficial o subterráneo. Folleto técnico. Entendiendo el sistema de riego por goteo subterráneo. INI FAP. CIRNO. Campo Experimental Costa de Ensenada. 1-10p.
- Chew, M.Y.I. 2000. Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. Enfermedades de la alfalfa. Primer Edición. SAGDR. INIFAP. CIRNC. CELL. Torreón, Coahuila. 81-96p.

- Cormacchione, M. 2003. GT Producción Animal, E. E. INTA Santiago del estero. Alfalfa, crecimiento y manejo para un uso eficiente como integrante de la cadena forrajera de los sistemas ganaderos locales. Producción Animal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, provincia de Córdoba, República Argentina. Pp. 1-2. Original no consultado, tomado de: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/04-alfalfa_sgo_del_estero.htm. 13 de mayo del 2011.
- Cueto, W. J., G.H. Quiroga. 2000. Fertilización de la alfalfa. Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. SAGDR. INIFAP. CIRNC. CELL. Libro Técnico No 2. 19-28p.
- D'Attellis, R.A. 2005. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Producción de semilla. Tinogasta, Catamarca Dirección Provincial de Programación del Desarrollo Ministerio de Producción y Desarrollo Gobierno de la Provincia de Catamarca. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Producción de semilla Tinogasta, Catamarca. 3 p. <http://www.produccioncatamarca.gov.ar/legislacion/Sectores%20Productivos/Sector%20Agricola/Produccion%20de%20Alfalfa.pdf>
- Espinoza, C.J.M., G.J.L. Ramos. 1997. El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo. CIRNOC-INIFAP. Campo Experimental Pabellón. CIRNOC-INIFAP. Folleto para productores No.22. 1-14p
- Fimbres, F.J., J.R.M. Navarrete. 2010. Efecto del agua y nitrógeno en alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo riego por goteo. Biotecnia. Volumen VII, (1). 36-43p.
- Fontanetto, H. y A. Bianchini. 2011. Fertilización fosfatada y azufrada de alfalfa a la siembra y al año de implantación en el centro-este de Santa Fe. Informaciones agronómicas No 26 INTA EEA y AAPRESID. 22-25pp. [http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/DA2018C5D5DFE9F9032573A2004EC009/\\$file/5.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/DA2018C5D5DFE9F9032573A2004EC009/$file/5.pdf) García, D.C.A., y E.L.A. González. 1993. El cultivo de la alfalfa en la zona media de San Luís Potosí. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. San Luis Potosí.
- El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi-Prensa. México, D.F. 2º reimpresión. 52pp.
- INEGI. 2011. Centro Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Unidades de producción con cultivos según superficie sembrada, cosechada y producción obtenida por cultivo, entidad y municipio. Original no consultado, tomado de: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=17177&s=est> 06 de junio del 2011

- INIFAP.1997. Establecimiento de alfalfa en Durango. Tecnologías Llave en Mano
División Pecuaria. SAGAR. INIFAP. 109-110pp.
- Lizárraga del C.G., F.J.M. Peñúñuri, A.A. Aguayo, e I.E. de Rodríguez. 1980.
Producción de forraje de tres especies de gramíneas perennes solas y en
asociación con alfalfa. Resumen de avances de investigación del Centro de
Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora, A. C. PATROCIPES-
INIFAP-CECARBO. 29-31p.
- Lizárraga, del C.G., R.C. Cabanillas, F.R.C. Burboa, 1994. Estudio comparativo entre
alfalfa y ballico + bermuda en pastoreo. XIV Congreso Panamericano de
Ciencias Veterinarias. PANVET. Acapulco, México. 893pp.
- Moreno, D.L., D.A. García, R.C. Faz. 2000. Producción y utilización de la alfalfa en la
zona norte de México. Manejo del riego en la alfalfa. Primer Edición.
SAGDR. INIFAP. CIRNC. CELL. Torreón, Coahuila. 109-130p.
- Morales A.J., Jiménez V.J.L., Velasco V.V.A., Villegas A., Y., Enríquez del V.J.R. y A.
Hernández G. 2006. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego
en la Mixteca de Oaxaca. Tec. Pec. Méx. Vol. 44 (3): 277-288p.
- Muslera P. E. C. G. Ratera. 1991. Praderas y Forrajes. 2da. Edición. Ed. Mundi –
Prensa. Madrid, España. 217-282p.
- Núñez, H.G. 2000. Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México.
Métodos de conservación de la alfalfa. Primer Edición. SAGDR. INIFAP.
CIRNC. CELL. Torreón, Coahuila. 133-168p.
- Peñúñuri, M.F.J. 2000. Establecimiento y manejo de praderas de producción continúa
ryegrass-bermuda. INIFAP. SAGAR.CIRNO.CECAR. Folleto Técnico 6. 1-
23p.
- Peñúñuri, M.F.J., J.C. Velázquez, J.C. Sosa., G.R.U. Torrescano, C.G. Ortega. 2007.
Comportamiento productivo de ovinos de la raza Pelibuey criollo con
encaste de Katahdin, Black Belly y Dorper en el municipio de Santa Ana,
Sonora. INIFAP-CIRNO-CECH. Folleto Técnico No 34. 1-26p.
- Peñúñuri, M.F.J. 2010. Experiencias personales a considerar para el corte de alfalfa en el
municipio de Hermosillo, sonora, Méx. Comunicación personal.
- Ramírez, D.M., y U.N. Camberos. 2000. Producción y utilización de la alfalfa en la zona
norte de México. Plagas de la alfalfa. Primer Edición. SAGDR. INIFAP.
CIRNC. CELL. Torreón, Coahuila. 45-79p.

- Rivas, J.M.A., C.C. López, G.A. Hernández y Pérez P.J. 2007. Una técnica para producir semilla de alfalfa. Unidad académica de Ing. Agrohidráulica. Colegio de postgraduados. Montecillo, Méx.
- Rivera, G.M. A.J. Estrada. C.I. Orona y C.I. Sánchez. 2004. Producción de alfalfa con riego por goteo subsuperficial o subterráneo. Una opción para regiones con escasa disponibilidad de agua. Folleto Científico No 13. INIFAP. CENID. En Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. 19-48p.
- Santamaría, C.J., G.H. Núñez, G.G. Medina, J.A.C. Ruiz. 2000. Potencial productivo de la Alfalfa en México. Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. SAGDR. INIFAP. CIRNC. CELL. (2). 1- 8p.
- Santamaría, C.J., G.H. Núñez, G.G. Medina, J.A.C. Ruiz, M.L. Tiscareño, M.H.G. Quiroga. 2000. Evaluación del modelo EPIC para estimar el potencial productivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en diferentes ambientes ecológicos de México. Técnica Pecuaria en México. Vol. 38. (2) 151-161p.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie, 1995. Bioestadística. 4ta Edición Edit. Limusa. México.
- Quiroga, G.H.M. 2000. Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. Manejo de la alfalfa en Producción. Primer Edición. SAGDR. INIFAP. CIRNC. CELL. Torreón, Coahuila. 101-106p.
- Quiroga, G.H., O.J. Márquez. 2000. Establecimiento de la Alfalfa. Establecimiento de la alfalfa. SAGDR. INIFAP. CIRNC. CELL. Libro Técnico No 2. 9-18p.
- Varughese, G., W.H. Pfeiffer, and Peña, R.J. 1996. Specialty grains triticales, a successful alternative crop. CIMMYT. Vol. 41. No. 6 and 7.
- Vazquez, V.C., J.L.H. Garcia, E.S. Salazar, B.A. Murillo, I.C. Orana, R.T. Zúñiga, E.O.P. Rueda, P.R. Preciado. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. INIFAP. Rev. Méx. Cienc. Pecu. Vol. 1 Núm. 4. 363-372p.
- Villegas, A.Y., G.A. Hernández, P.J. Pérez, C.C. López, J.G.H. Haro, J.F.Q. Enríquez, A.V. Gómez. 2004. Patrones estaciones de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). INIFAP. Tec. Pecu. Méx. Vol. 42. No. 2. 145-148p.
- Zapata M.M.A. y F.J.M. Peñúñuri. 1991. ¿Cómo obtener alfalfa de buena calidad? PATROCIPES. Rancho No 61. 1-10p.

Zapata, M.M.A. 1997. Establecimiento de alfalfa en el Estado de Sonora. Tecnologías Llave en Mano. División Pecuaria. INIFAP. PRODUCE. SAGAR. 116pp.