

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Concentración foliar de nitrógeno y fósforo en alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo dosis de fertilización inorgánica.

POR

MARI CRUZ RODRÍGUEZ PÉREZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO DE 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Concentración foliar de nitrógeno y fósforo en alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo dosis de fertilización inorgánica.

POR
MARI CRUZ RODRÍGUEZ PÉREZ

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

PRESIDENTE


Dr. Alfredo Ogaz.

VOCAL


Dr. Alejandro Moreno Reséndez.

VOCAL


Dr. Jorge Luis Villalobos Romero.

VOCAL SUPLENTE


Dr. Héctor Javier Martínez Agüero.



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO DE 2017

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**Concentración foliar de nitrógeno y fósforo en alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo
dosis de fertilización inorgánica.**

**POR
MARI CRUZ RODRÍGUEZ PÉREZ**

TESIS

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL

Dr. Alfredo Ogaz.

ASESOR

Dr. Alejandro Moreno Reséndez.

ASESOR

Dr. Jorge Luis Villalobos Romero.

ASESOR

Dr. Héctor Javier Martínez Agüero.

M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO DE 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitir dar un paso más en mi vida, porque a pesar de todo siempre estuvo conmigo, por ser mi fortaleza y por poner los medios necesarios para que mis anhelos se hayan cumplido y sobre todo por darme un hogar lleno de amor porque no hay sitio bajo el cielo más dulce que mi hogar por eso y más.

A mis padres; Exael Rodríguez Díaz y Margarita Pérez Morales, les doy mi más profundo agradecimiento por todo el esfuerzo en trabajar para que no me faltara nada. Nunca podré pagarles tanto amor.

A mi “Alma Terra Mater”, por abrirme sus puertas para continuar con mis estudios, por darme los elementos necesarios. La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna representa parte muy importante de mi vida, me siento orgullosa de ser Buitre.

A mis maestros de los cuales recibí sus conocimientos y consejos.

Al Dr. Alfredo Ogaz, por darme la oportunidad de formar parte de este proyecto, por su apoyo, sus consejos y por el tiempo brindado.

Al Dr. Alejandro Moreno Reséndez, por su ayuda en la elaboración de mi tesis, por el tiempo que se tomó revisarla, por compartir su conocimiento.

Al Dr. Jorge Luis Villalobos Romero, por su apoyo, por guiarme hacia un trabajo de éxito, por su tiempo y colaboración de mi tesis.

A los Técnicos Académico José Silverio Álvarez Valadez y Juan Carlos Mejía Cruz, por su gran ayuda en los trabajos realizados y analizados en el laboratorio, por el tiempo y consejos compartidos.

A Eddi Melecio Ramírez Bravo, por estar conmigo en los buenos y malos momentos, quien estuvo al pendiente de todo, por animarme cuando más lo necesitaba, por sus sabios consejos, por escucharme, por tenerme mucha paciencia, y sobre todo por su compañía.

DEDICATORIA

A Dios, por iluminarme y guiarme durante esta bonita etapa de mi vida, por todas sus bondades, por permitirme vida y salud, porque el temor a Jehová es el principio de la sabiduría, porque todo lo puedo en Cristo que me fortalece, por ser tú el amigo incondicional que nunca me abandonará.

A mis Padres; Exael Rodríguez Díaz y Margarita Pérez Morales, a quienes mis conceptos, mis valores morales y mi superación se las debo a ustedes, quienes en mí depositaron confianza y a pesar de las dificultades siempre me demostraron amor estando siempre a mi lado. Con todo amor, admiración y sobre todo respeto a los cuales dedico como atributo este presente trabajo de tesis.

A mis Hermanos; Alvin Alejandro y Enedina Merari les agradezco no solo porque estuvieron conmigo dándome fuerzas y motivación para seguir adelante y por el gran amor que me han brindado, sino por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado.

A mi Familia en general, a ese grupo de personas que me ayudaron y se preocuparon por mí, a cada uno que ha aportado grandes cosas a mi vida, quienes han creído en mi dándome siempre ejemplo de superación, humildad y sacrificio.

RESUMEN

El cultivo de la alfalfa ha sabido traer beneficios al suelo, se ha demostrado que la producción de este cultivo está relacionado con la extracción de grandes cantidades de elementos nutritivos del suelo, los cuales deben reponerse para evitar que su deficiencia restrinja el potencial de crecimiento de las plantas entre los cortes de forraje, al aplicar elementos nutritivos al suelo o la planta se satisfacen los requerimientos de las plantas, es por ello que los elementos nutritivos más requeridos por la alfalfa son: Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Se estudió el efecto de nitrógeno y fósforo en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.). En un diseño en bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos de fertilización (10-50-00, 21-100-00, 32-150-00, 43-200-00) de N-P-K, cuatro repeticiones y un testigo absoluto (00-00-00). Se determinó: concentración foliar y extracción de nitrógeno y fósforo y el contenido de proteína cruda en el forraje. No se encontró diferencia significativa en las medias de tratamiento por efecto de la dosis de fertilización en las variables estudiadas. Se observó una tendencia a incrementar la concentración foliar y extracción de nitrógeno y fósforo, y en el contenido de proteína cruda del forraje, de los tratamientos con fertilización respecto al tratamiento no fertilizado.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., fertilización, concentración, extracción, proteína.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS _____	i
DEDICATORIA _____	ii
RESUMEN _____	iii
INDICE GENERAL _____	iv
INDICE DE CUADROS _____	vi
INDICE DE GRÁFICAS _____	vii
I. - INTRODUCCIÓN _____	1
1.1. Objetivo _____	3
1.2. Hipótesis _____	3
II. - REVISIÓN DE LITERATURA _____	4
2.1. Origen de la alfalfa _____	4
2.2. Importancia de la alfalfa _____	4
2.3 Características de la alfalfa _____	5
2.4 Fertilización _____	5
2.4.1 Fertilización en alfalfa _____	6
2.4.2 Importancia del Nitrógeno en la alfalfa _____	7
2.4.3 Dosis de fertilización Nitrogenada _____	8
2.4.4 Respuesta de la alfalfa en base a la fertilización nitrogenada _____	9
2.4.5 Importancia del Fósforo en la alfalfa _____	11
2.4.6 Dosis de fertilización fosfatada _____	12
2.4.7 Respuesta de la alfalfa en base la fertilización fosfatada _____	13
2.4.8 Respuesta de la alfalfa en base a la fertilización con nitrógeno y fósforo _____	14
III. - MATERIALES Y MÉTODOS _____	19
3.1 Ubicación geográfica del experimento _____	19
3.2 Preparación del terreno _____	19
3.3 Siembra _____	19
3.4 Riego _____	19
3.5 Fertilización _____	19
3.5.1 Dosis de fertilizantes _____	20
3.6 Cosecha _____	20
3.7 Variables evaluadas _____	21
3.8 Diseño experimental y parcela experimental _____	25

3.9 Análisis estadístico	25
IV. - RESULTADOS	26
4.1 Características químicas del suelo en el área experimental.	26
4.2 Concentración de nitrógeno primer corte.	26
4.3 Concentración de nitrógeno segundo corte.	27
4.4 Extracción de nitrógeno primer corte	28
4.5 Extracción de nitrógeno segundo corte	28
4.6 Concentración de fósforo primer corte	29
4.7 Concentración de fósforo segundo corte	30
4.8 Extracción de fósforo primer corte	30
4.9 Extracción de fósforo segundo corte	31
4.10 Proteína primer corte	32
4.11 Proteína segundo corte	32
V. - DISCUSIÓN	34
5.1 Concentración foliar de nitrógeno	34
5.2 Concentración foliar de fósforo	34
5.3 Extracción de nitrógeno	35
5.4 Extracción de fósforo	37
5.5 Proteína cruda	38
VI. - CONCLUSIONES	40
VII. - LITERATURA CITADA	41
APÉNDICE	55

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resultados de fertilidad del suelo	26
Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable de concentración foliar de nitrógeno primer corte UAAAN UL 2016.	55
Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable de concentración foliar de nitrógeno segundo corte UAAAN UL 2016.	55
Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable de concentración foliar de fósforo primer corte UAAAN UL 2016.	56
Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable de concentración foliar de fósforo segundo corte UAAAN UL 2016.	56
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable de extracción de nitrógeno primer corte UAAAN UL 2016.	57
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable de extracción de nitrógeno segundo corte UAAAN UL 2016.	57
Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable de extracción de fósforo primer corte UAAAN UL 2016.	58
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable de extracción de fósforo segundo corte UAAAN UL 2016.	58
Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable de proteína en el forraje del cultivo de alfalfa primer corte UAAAN UL 2016.	59
Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable de proteína en el forraje del cultivo de alfalfa segundo corte UAAAN UL 2016.	59

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Concentración foliar de nitrógeno primer corte en el cultivo de alfalfa.	27
Gráfica 2. Concentración foliar de nitrógeno segundo corte en el cultivo de alfalfa.	27
Gráfica 3. Extracción de nitrógeno primer corte en el cultivo de alfalfa.	28
Gráfica 4. Extracción de nitrógeno segundo corte en el cultivo de alfalfa	29
Gráfica 5. Concentración foliar de fósforo primer corte en el cultivo de alfalfa	29
Gráfica 6. Concentración foliar de fósforo segundo corte en el cultivo de alfalfa	30
Gráfica 7. Extracción de fósforo primer corte en el cultivo de alfalfa	31
Gráfica 8. Extracción de fósforo segundo corte en el cultivo de alfalfa	31
Gráfica 9. Proteína del forraje primer corte del cultivo de alfalfa	32
Gráfica 10. Proteína del forraje segundo corte del cultivo de alfalfa.	33

I. - INTRODUCCIÓN

El cultivo de la alfalfa cubre la mayor superficie cultivada en todo el mundo, desde hace muchos años, ha sabido traer beneficios para el suelo, por ejemplo, la mejora de la estructura, la protección contra el viento y la erosión del suelo, la asimilación de nitrógeno y el enriquecimiento orgánico, y la reducción de la población de malezas. La creciente preocupación por una disminución en el contenido de materia orgánica del suelo y la fertilidad, así como la energía ha renovado el interés en las leguminosas. Por otra parte, la alfalfa, una de las pequeñas leguminosas más importantes, es altamente adaptable a diferentes condiciones climáticas y del suelo. (Gholami *et al.*, 2014).

En México, los estados con mayor producción de alfalfa son: Chihuahua, Guanajuato, Hidalgo, Baja California Norte, Sonora, Durango, Coahuila y Puebla; en conjunto aportan alrededor del 70 % de la producción nacional de este cultivo, con una superficie sembrada en 2012 de 386,325 ha y un rendimiento promedio de 75.2 t•ha⁻¹ de forraje verde (SIACON, 2013).

Al igual que para otros cultivos la productividad y persistencia de la alfalfa están condicionadas a factores de suelo, clima, sanidad vegetal, utilización y de manejo. Dentro de los factores manejables por el hombre están los relacionados con la nutrición de la planta (Soto, 2000). Por ello, la producción de forraje en alfalfa está relacionado con la cantidad de elementos nutritivos disponibles durante el crecimiento de esta leguminosa. Se ha demostrado que la alfalfa extrae grandes cantidades de elementos nutritivos del suelo, mismos que deben reponerse para evitar que su deficiencia restrinja el potencial de crecimiento de las plantas entre los

cortes de forraje (Schulze y Drevon, 2005; Abu-Qamar *et al.*, 2006). De hecho el consumo de elementos está influenciado por la intensidad y frecuencia de cortes, ya que al ser mayor, éstos incrementan los requerimientos totales de elementos nutritivos (Romero, 1987).

Con lo antes mencionado, la fertilización consiste en la aplicación de elementos nutritivos al suelo o la planta para abastecer de nutrimentos y fomentar la fertilidad del suelo. Ésta tiene la finalidad de promover la productividad mediante el aporte de nutrimentos esenciales que permiten satisfacer los requerimientos de las plantas propiciando su establecimiento y desarrollo (Jaime *et al.*, 2007). Dentro de los macro elementos más requeridos por la alfalfa son: Nitrógeno, Fósforo y Potasio, y estos tres minerales pueden aplicarse por fertilización (Ramírez, 1974).

Debido a esto el nitrógeno es el elemento que en general influye mayormente en los rendimientos y en la calidad de los productos generados por la actividad agropecuaria (Del Pozo, 1983; Tisdale *et al.*, 1991). El nitrógeno aportado por la fijación simbiótica es determinante para alcanzar los altos rendimientos, pero para que ocurra una fijación eficiente, se requieren condiciones adecuadas, particularmente, de fertilidad de suelo y ausencia de acidez (Del Pozo, 1983). Como complemento, la alfalfa como leguminosa tiene la capacidad de asociarse con bacterias del genero *Rhizobium*, que fijan nitrógeno (Carámbula, 1981). Espinoza y Ramos (2001) mencionan que el hecho de que la planta de alfalfa fije nitrógeno en el suelo, en ocasiones es un proceso mal interpretado y es común que se piense que, si la alfalfa aumenta los elementos nutritivos, no precisa de ninguno de ellos, por lo que algunos productores no fertilizan o fertilizan escasamente (López *et al.*, 2000).

Así mismo, el fósforo es uno de los elementos nutritivos que influyen de manera importante en el crecimiento de la alfalfa, debido a su requerimiento en diferentes funciones bioquímicas de la planta y su deficiencia reduce la cantidad y calidad del forraje (Picone *et al.*, 2003; Mikkelsen, 2004). La alfalfa muestra respuesta significativa al incremento en las dosis de aplicación de fósforo (Berrada y Westfall, 2005). Este elemento nutritivo se incorpora al suelo en una sola aplicación al inicio del ciclo, independientemente del sistema de riego que se utilice y el número de cortes de forraje por realizar en alfalfa (Karagić *et al.*, 2008).

1.1. Objetivo

Evaluar la proteína, la extracción y concentración foliar de nitrógeno y fósforo en la alfalfa como respuesta a dosis de fertilización inorgánica.

1.2. Hipótesis

La dosis de fertilización inorgánica afectará de manera positiva la proteína, la extracción y la concentración foliar de nitrógeno y fósforo al cultivo de alfalfa.

II. - REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen de la alfalfa

La alfalfa es uno de los cultivos forrajeros más importantes del mundo (Michaud *et al.*, 1988), es nativa de la región de Irán (Graham *et al.*, 1979). Además, existe un consenso general de que la alfalfa se originó en el Cercano Oriente Central, zona integrada por Asia Menor, Transcaucásica, Irán y la región montañosa de Turkmenistán (Bolton *et al.*, 1972). Esta especie fue introducida a América del Sur en el siglo XVI, por los portugueses y españoles y en 1870 a Perú, México y Estados Unidos, por misioneros españoles (Muslera y Ratera, 1991), siendo en México el primer país en recibir la semilla de alfalfa, traída de España para después difundir sus bondades (Tocagni, 1980).

2.2. Importancia de la alfalfa

La alfalfa se siembra ampliamente en diferentes áreas y más de 32 millones de hectáreas en el mundo debido a su forraje, nutrición y alto valor en producción de biomasa (Veronesi *et al.*, 2010; Xie *et al.*, 2013). Las principales regiones productoras de alfalfa son América del Norte con 11,9 millones de hectáreas (41 %), Europa con 7,12 millones de hectáreas (25 %), América del Sur con 7 millones de hectáreas (23 %), Asia 2,23 millones de hectáreas (8 %), África (2 %) y Oceanía (1 %) (Yuegao y Cash, 2009). Es el tercer cultivo más valioso con un valor de \$ 8 mil millones UD por año (Monteros y Bouton, 2009).

Por lo anteriormente establecido los principales países que producen alfalfa son Estados Unidos, Argentina, China y Canadá, entre otros países. México es el noveno productor de alfalfa (Santamaría, 2000). Por su parte a nivel nacional, los

estados con mayor producción de alfalfa son: Chihuahua, Guanajuato, Hidalgo, Baja California Norte, Sonora, Durango, Coahuila y Puebla; en conjunto aportan alrededor del 70 % de la producción, con una superficie sembrada en 2012 de 386,325 hectáreas y un rendimiento promedio de 75.2 t·ha⁻¹ de forraje verde (SIACON, 2013).

2.3 Características de la alfalfa

La alfalfa es de crecimiento erecto, tallo poco ramificado de 60 a 100 cm de altura; tiene hojas trifoliadas, con un pedicelo intermedio más largo que los laterales, foliolos ovalados, generalmente sin pubescencia, con márgenes lisos y bordes superiores ligeramente dentados (SAGARPA, 2008). Los tallos son delgados, sólidos o huecos y la raíz es pivotante y alcanza varios metros de longitud, con una corona, de la cual emergen los rebrotes, que dan origen a los nuevos tallos; las flores son de color azul o púrpura, dependiendo de la variedad (Del Pozo, 1983).

Dado que la alfalfa es un cultivo perenne, lo que significa que crecerá durante varios años después de la siembra, que se realiza en la primavera o el otoño (Amendola *et al.*, 2005). Así mismo es uno de los cultivos forrajeros más importantes del mundo para la alimentación de los animales (García, 2002; Martín *et al.*, 2006) y es parcialmente resistente al estrés salino haciendo esta característica que sea de un gran interés agronómico (Farissi, 2014).

2.4 Fertilización

La fertilización consiste en la aplicación de fertilizante al suelo o planta para abastecer de nutrimentos y fomentar la fertilidad del suelo. Esta tiene la finalidad de promover la productividad mediante el aporte de nutrimentos esenciales que

permiten satisfacer los requerimientos de las plantas propiciando su establecimiento y desarrollo (Jaime *et al.*, 2007). Salas y Cabalceta (2009) mencionan que la absorción de nutrimentos se relaciona con el crecimiento de la planta, de manera que, a mayor producción de materia seca, mayor absorción de nutrimentos y viceversa.

Por otro lado, Marino y Agnusdei (2004) destacan la importancia de desarrollar estrategias de fertilización tendientes a incrementar la eficiencia de uso de los elementos nutritivos, y ésta varía en función del elemento, su disponibilidad, la época del año, las condiciones climáticas, el ciclo de la planta en el sistema suelo-planta y el manejo de la pastura. De lo anterior mencionado existen distintas formas de aplicación de los elementos nutritivos, y trabajos previos han demostrado el efecto de la ubicación del fertilizante sobre la absorción por el cultivo y su variación según el tipo de elemento, las características del suelo y la especie vegetal considerada (Barber, 1984).

2.4.1 Fertilización en alfalfa

Existe la tendencia a pensar que las praderas no necesitan ser fertilizadas para obtener buenas producciones, esto se basa en el hecho que las especies leguminosas, favorecen su fertilidad natural, al aportar materia orgánica y nitrógeno atmosférico a través de la fijación simbiótica, pero esto no significa que no requiera de otros elementos nutritivos para su normal desarrollo (Soto, 2000). Así mismo, la producción de forraje en alfalfa está relacionado con la cantidad de elementos nutritivos disponibles durante el crecimiento de esta leguminosa. Se ha demostrado que la alfalfa extrae grandes cantidades de elementos nutritivos del suelo, mismos que deben reponerse para evitar que su deficiencia restrinja el potencial de

crecimiento de las plantas entre los cortes de forraje (Schulze y Drevon, 2005; Abu-Qamar *et al.*, 2006).

Por lo tanto, la alfalfa regularmente se fertiliza con alguna fuente orgánica o inorgánica, pero no ambas a la vez y con una sola aplicación a la siembra (Moreno y Talbot, 2006; Duarte, 2007). De lo anteriormente dicho la alfalfa necesita absorber elementos mayores y menores para un buen desarrollo, siendo los más importantes: Potasio, Fósforo, Nitrógeno, Calcio, Azufre, Boro, Cobre, Zinc, Fierro y Magnesio. De estos elementos nutritivos los más requeridos en gran cantidad por la alfalfa y en orden de importancia son: fósforo, potasio y nitrógeno (Del Pozo, 1983; Rodríguez, 1989).

De igual forma, de acuerdo con Tovar (2006), las leguminosas y en particular la alfalfa, al realizar prácticas agronómicas como inoculación, encalado y fertilización, aumenta el rendimiento y el contenido de nitrógeno y fósforo en el follaje. Como complemento, Rehm (1987) menciona que las deficiencias nutricionales durante la implantación y el desarrollo inicial del cultivo disminuyen significativamente tanto la producción posterior de materia seca, como la nodulación y la capacidad de fijación de nitrógeno (Reetz, 1980; Collins *et al.*, 1986).

2.4.2 Importancia del Nitrógeno en la alfalfa

El nitrógeno es el elemento que se requiere en mayor cantidad, es un elemento esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y de la clorofila determinantes de la asimilación fotosintética en los vegetales. Debido a la importancia del nitrógeno en las plantas, junto al fósforo y al potasio, se clasifica

como macro elementos. Es además, el elemento que, en general, influye mayormente en los rendimientos y en la calidad de los productos generados por la actividad agropecuaria (Del Pozo, 1983; Tisdale *et al.*, 1991).

Así mismo la fertilización con nitrógeno es uno de los factores más importantes para las plantas aumentando su potencial; Por lo tanto, puede contribuir aumentando la producción de materia seca y mejorar la calidad de las plantas forrajeras (Juárez *et al.*, 1999; Martha y Corsi, 2000; Teutsch *et al.*, 2005). Espinoza y Ramos (2001) mencionan que el hecho de que la planta de alfalfa fije N en el suelo, en ocasiones es un proceso mal interpretado y es común que se piense que, si la alfalfa aumenta los elementos nutritivos, no precisa de ninguno de ellos, por lo que algunos productores no fertilizan o fertilizan escasamente (López *et al.*, 2000). Por ello uno de los principales factores limitantes para la obtención de altos rendimientos y la calidad del forraje es la dosis de fertilización nitrogenada (De Menezes *et al.*, 2013).

2.4.3 Dosis de fertilización Nitrogenada

La fertilización nitrogenada recomendada para cultivos forrajeros fluctúa entre 50 y 70 kg de nitrógeno por hectárea distribuidos entre la siembra y después de cada corte, lo que implica al menos 400 kg de nitrógeno/año (Zuluaga *et al.*, 2010). Por otro lado, Lemaire *et al.*, (1992); Agnusdei *et al.*, (2010) indican que las pasturas templadas como la alfalfa requieren entre 100-150 kg·ha⁻¹ de nitrógeno para cubrir sus demandas potenciales para alcanzar la producción techo en un ciclo de rebrote.

Por otra parte Rodríguez (1989) menciona que las leguminosas como la alfalfa sólo necesita baja cantidad de nitrógeno en su etapa inicial hasta que se

forman los nódulos de *Rhizobium*; en cambio, son importantes los aportes de fósforo y potasio en este periodo, llegando a requerir de 100 a 300 kg•ha⁻¹ de fósforo y de 100 a 500 kg•ha⁻¹ de potasio y solo de 20 a 60 kg•ha⁻¹ de nitrógeno, por lo que no es recomendable la aplicación de nitrógeno en la etapa de producción, debido a que la semilla inoculada con bacteria del género *Rhizobium* forman nodulaciones, por medio de las cuales, la planta se podrá autoabastecer del mismo. Así también Nidhi (2012) recomienda dosis con nitrógeno para el cultivo de alfalfa que son: altas dosis de nitrógeno (60 kg•ha⁻¹), la dosis normal de nitrógeno (40 kg•ha⁻¹) y dosis baja de nitrógeno (20 kg•ha⁻¹).

2.4.4 Respuesta de la alfalfa en base a la fertilización nitrogenada

En un estudio realizado por Longnecker y Robson (1994), observaron que la tasa de aparición y número de hojas, es afectado por los niveles de fertilización con nitrógeno y que las plantas con menor contenido de este elemento, presentan menor tasa de aparición y producción total de hoja, ya que se encontró que las plantas de alfalfa presentaron menor peso seco de raíz. Por otro lado, Lestienne *et al.*, (2006) indican que el nitrógeno es el nutrimento que más limita el desarrollo de los tallos laterales, lo cual se relaciona con la evolución de las plantas, al existir una fuerte competencia de los tallos emergentes por este recurso, ya que de eso dependerá, en gran medida, su muerte o desarrollo.

A su vez Johnson *et al.*, (2001); Teutsch *et al.*, (2005) y Tovar (2006), consignan que realizar prácticas agronómicas como fertilización nitrogenada, mejoran la digestibilidad y la proteína de los forrajes. Ahora bien, Hakl *et al.*, (2008) mencionan que en base a la fertilización nitrogenada en el cultivo de alfalfa los datos de rendimiento de materia seca durante el primer año mostraron que la fertilización

incrementó la productividad forraje de 11.3 a la 33.1 % dado que se obtuvo un buen rendimiento con la dosis de $140 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Por su parte, Viliana y Ognyan (2015) señalan que en el cultivo de alfalfa la mejor respuesta de nitrógeno en masa de raíces se encontró con la dosis de $140 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno. Se observó que la dosis más alta de $210 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno no estimuló la formación de mayor masa de la raíz. Es bien sabido que las altas dosis de nitrógeno mineral inhiben la fijación biológica de nitrógeno. En efecto, es interesante observar que ($210 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno) en las plantas de alfalfa forman menos cantidad de biomasa de las raíces, en comparación con dosis de ($70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $140 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno) por esta razón el aumento de nitrógeno total en la biomasa de las plantas en los tratamientos de fertilización mineral varía del 7,0 % al 22,8 %.

En el mismo experimento se menciona que para la fertilización mineral nitrogenada en alfalfa la dosis de $70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ acumularon $4714 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de masa radical y $140 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ acumularon $5196 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de masa radical, lo que es un 17,3 y un 29,4 %. La dosis más alta de fertilizantes minerales tuvo un efecto depresivo sobre la formación de la masa radical y la cantidad de masa de raíz seca no excedió significativamente. Los resultados anteriores están de acuerdo con Justes *et al.*, (2001), quien considera que las plantas de alfalfa sin fertilizante de nitrógeno (N0) tienen una masa de la raíz seca significativamente menor que las plantas con la fertilización nitrogenada.

2.4.5 Importancia del Fósforo en la alfalfa

El fósforo es un macro elemento esencial para la síntesis de ácido nucleico, la acumulación en la membrana, el metabolismo energético, y muchos otros procesos durante el crecimiento y desarrollo de las plantas (Marschner *et al.*, 1996; Lambers *et al.*, 2015). En la alfalfa el fósforo participa de manera importante en varias funciones fisiológicas, puesto que estimula el crecimiento radical, favorece y regula los procesos generativos, actúa en síntesis vegetal y regula la asimilación y utilización nitrogenada por la planta y su deficiencia reduce la cantidad y calidad del forraje (Del Pozo, 1983; Picone *et al.*, 2003; Mikkelsen, 2004). Dado que la alfalfa muestra respuesta significativa al incremento en las dosis de aplicación de fósforo (Berrada y Westfall, 2005).

En relación con lo anterior el fósforo también está involucrado en el proceso de fijación de nitrógeno ya que contribuye a aumentar tanto el tamaño y el número de nódulos de *Rizobium meliloti* en las raíces (Azcón *et al.*, 1988). Por consiguiente, la disponibilidad de fósforo es uno de los factores determinantes del resultado productivo de las pasturas de alfalfa, afectando particularmente el crecimiento de la planta (Christian, 1977; Sanderson y Jones, 1993), la calidad (a través de la concentración de fósforo en planta) (Petit, *et al.*, 1992).

Por otro lado, Racca *et al.*, (2001) menciona que, en pasturas de leguminosas puras o mezclas, la fertilización fosfatada en suelos con deficiencias de fósforo incrementa el número de nódulos y la fijación de nitrógeno de las leguminosas. En efecto una nutrición adecuada de fósforo es esencial para la supervivencia de las plantas de alfalfa y el suministro a menudo es necesario para alcanzar el desarrollo

máximo de soporte, productividad y persistencia (Jung y Smith, 1959; Berg *et al.*, 2005, 2007).

Como complemento, durante décadas en la mayoría de las regiones con sistemas de agricultura intensiva, los productores aumentaron el aporte de fertilización y sobre todo dosis de fósforo para lograr mayores rendimientos, y a menudo acumulando elementos nutritivos en el suelo (Haden *et al.*, 2007; Delgado y Scalenghe, 2008; Pizzeghello *et al.*, 2011). Es por eso que las respuestas del fósforo en cuanto a rendimiento son más evidentes en la primera cosecha de la temporada; sin embargo, la eficiencia de la fertilización con fósforo puede estar influida por el tiempo de aplicación (James *et al.*, 1995). Según Werner (1986), la deficiencia de fósforo provoca graves alteraciones en el metabolismo y el desarrollo de las gramíneas, como el crecimiento lento, lo que socava la productividad. Por lo tanto, la fertilización fosfatada se considera de vital importancia para el establecimiento de pastos.

2.4.6 Dosis de fertilización fosfatada

La mayor respuesta productiva en la alfalfa se obtiene con el uso del fósforo (Díaz, 2000; Quiñonez *et al.*, 2003), empleando principalmente superfosfato simple o triple a razón de 100 a 200 kg•ha⁻¹ de fósforo por año (Sikora y Enkiri, 2003; Sikora y Enkiri, 2005; Berardo *et al.*, 2007), siendo estos fertilizantes las fuentes más solubles y de fácil asimilación para las plantas (Marchegiani y Satorre, 1981; Cabalceta, 1999).

Por su parte Berardo y Marino, (2000) mencionan que, en suelos sin deficiencias nutricionales, el requerimiento de fósforo por la alfalfa es de 40 a 50 kg•ha⁻¹, con producciones de forraje de 15000 a 20000 kg•ha⁻¹•año⁻¹ de MS y de 30

kg•ha⁻¹ de fósforo en pasturas mezcladas con 12000 a 13000 kg•ha⁻¹•año⁻¹ MS, para tales niveles de producción se encontraron respuestas hasta contenidos de fósforo extractable cercanos a 30-35 ppm y 25 ppm, respectivamente. En pasturas de menor rendimiento, sin el agregado de nitrógeno, el consumo de fósforo varió entre 15 y 20 kg•ha⁻¹ y la respuesta a fósforo se manifestó solamente por debajo de 12-15 ppm de fósforo.

2.4.7 Respuesta de la alfalfa en base la fertilización fosfatada

El aumento en la producción de forraje por el agregado de fósforo ha sido evaluado con anterioridad por distintos autores, con respuestas variables según los ambientes experimentales (Rhem, 1987; Sanderson y Jones, 1993; Vivas y Guaita, 1997).

En dos períodos de crecimiento evaluados por Berardo y Marino (2000) determinaron que la cantidad de fósforo acumulado en el forraje se incrementó significativamente con la fertilización fosfatada. A su vez, si bien en ambos años fue significativamente superior con la fertilización superficial que, con la aplicación en profundidad, en el segundo año, los valores fueron más elevados que en el primero. Según Vivas *et al.*, (1997) la aplicación de fósforo en la siembra incrementó significativamente ($p < 0,05$) la producción anual de MS. Así mismo Tinsdale y Nelson (1996) demostraron que la deficiencia de fósforo en las plantas produjo un retraso en su crecimiento, mismo que Sanderson, (1993); Nescier *et al.*, (2004) demuestran que la adición de fósforo aceleró la madurez de la alfalfa.

2.4.8 Respuesta de la alfalfa en base a la fertilización con nitrógeno y fósforo

a) Materia seca

Del Pozo (1983) en España, calcula extracciones de $336 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno, $24 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fósforo y $144 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de potasio para una producción media de $12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ al año de materia seca de alfalfa en regadío y recomienda suministrar 140 a $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 al año y 180 a $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O al año, sin aplicar nitrógeno, para el mantenimiento del alfalar. Por otro lado, Vough y Decker (1992) recomiendan el suministro anual de 135 a $168 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 para obtener rendimientos de 19,7 a $24,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de materia seca de alfalfa o de mezcla de alfalfa y gramínea. En efecto Daniel y Ciro (1997) señalan que al suministrar Nitrógeno, Fósforo, Potasio, la producción promedio de los tratamientos de materia seca de la asociación es de $21,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ al año de las cuales la alfalfa aporta el 61 %. Aunque normalmente el alto porcentaje del nitrógeno es requerido por la fijación simbiótica, muchos autores confirmaron la necesidad de la fertilización nitrogenada en este cultivo (Cihacek, 1994; Trepachev, 1999; Delgado *et al.*, 2001; Vasileva *et al.*, 2006; 2011). De acuerdo con Raun *et al.*, (1999) el rendimiento de masa seca aumentó con el aumento de las dosis de fertilización nitrogenada mineral en los cortes.

Con respecto al tema, Fan *et al.*, (2016) en un estudio en el cultivo de alfalfa tuvo dos niveles de aplicación de fertilizantes de nitrógeno ($0, 70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y tres niveles de aplicación de fertilizante de fósforo ($0, 17$ y $34 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), el rendimiento anual de forraje varió de $1300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ sin fertilizar y cerca de $6000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ fertilizando. El aumento promedio de nitrógeno (N70) fue de 15 % y el fósforo (P34 y P17) fue de (20 %) en edad adulta de la planta y (11 %) en edad joven. En general, el rendimiento de forraje se incrementó en un 29 % para la dosis de (P17) y el 50 %

para la dosis (P34), teniendo resultados más altos de (0,35 % y 0,44 %) en el rendimiento con la aplicación de fósforo después de la fertilización, ya que antes de la fertilización los resultados fueron (0,11 % y 0,15 %), como resultado el rendimiento anual de forraje aumentó con la fertilización nitrogenada y fosfatada, en particular la aplicación de fósforo a la planta llegando a producir hasta 6000 kg•ha⁻¹.

b) Proteína cruda

Popovic *et al.*, (2001); Vasilev (2004) mencionan que el contenido de proteína cruda es característica de calidad importante para la productividad de leguminosas. Así mismo Cherney *et al.*, (1994) indican que el contenido de proteína cruda después de la fertilización nitrogenada mineral varía de 137,9 a 163,9 g•kg⁻¹ MS. Con respecto a lo anterior se encontraron tendencias similares por otros autores, identificando el valor nutritivo de la alfalfa fertilizados con nitrógeno mineral (Keskin *et al.*, 2009). En cambio, Urbano *et al.*, (1995) no encontraron diferencias significativas en los contenidos de proteína cruda en alfalfa bajo corte con distintos tratamientos de fertilización de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y elementos menores.

Por el contrario, Daniel y Ciro (1997) en un experimento indican que los valores obtenidos para el contenido porcentual promedio de proteína cruda, en base a materia seca en alfalfa con sus respectivas desviaciones típicas fueron: 20,3 %. Debido a esto, encontraron variaciones significativas en las producciones de materia seca de alfalfa, y en los contenidos de proteína cruda de la alfalfa entre los períodos transcurridos. Estos valores son similares a los informados por Bickoff *et al.*, (1972) y Bariggi *et al.*, (1979) para la alfalfa. De igual manera, Petkova *et al.*,

(2009) mencionan que al aumentar las dosis de fertilización nitrogenada el contenido de proteína cruda se incrementa.

Por su parte, Viliana (2013) señala que la dosis de $(40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de nitrógeno) no tuvo ningún efecto sobre el contenido de proteína cruda, con el aumento de las dosis de fertilización nitrogenada el contenido de proteína cruda aumentó de un 13 % a 19 %, en comparación con el control no fertilizado, mismo autor menciona que la fertilización nitrogenada influyó en el contenido de proteína, disminuyendo hasta el 9 % para la dosis de $120 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de nitrógeno, el suministro de nitrógeno es importante en las plantas de alfalfa y estos datos confirman indirectamente la opinión de otros autores, que la alfalfa usa fertilizantes nitrogenados a pesar de la capacidad de fijación de nitrógeno (Hartwig y Soussana, 2001). Esto se refleja en el contenido de nitrógeno en las plantas, dado que el contenido de fibra cruda en masa seca de la raíz aumentó el 22 % para la dosis de $80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de nitrógeno, y 5 % para la dosis de $160 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nitrógeno, así mismo el contenido de fósforo en masa seca de la raíz, varía dentro de límites estrechos, el amplio contenido de fósforo mostró un aumento significativamente un 22 % (Viliana, 2013).

c) Concentración foliar y extracción de nitrógeno y fósforo en alfalfa

Fan *et al.*, (2016) trabajando con el cultivo de alfalfa señala que, la absorción de nitrógeno y fósforo aumentó con la fertilización nitrogenada y fosfatada, en particular la aplicación de fósforo, pero cuando fertilización nitrogenada se incrementó, la concentración de nitrógeno en las plantas también se incrementó. Mismo experimento evaluaron concentración ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y extracción ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de nitrógeno y fósforo siendo los resultados en N0:P0 la concentración de nitrógeno fue de $20.9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ y para fósforo fue de $1.24 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ y para la dosis N70:P34 la

concentración de nitrógeno fue $23 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ y de fósforo fue de $1.72 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Así también la extracción de ambos tratamientos, obteniendo resultados en N0:P0 la extracción de nitrógeno fue $39.7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y para fósforo fue $2.47 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y para la dosis N70:P34 la extracción de nitrógeno fue de $73.4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y para fósforo fue $5.57 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Por otro lado, Anselmo *et al.*, (2016) mencionan que la extracción de nitrógeno fue significativamente más baja en el tratamiento donde no se aplicó nitrógeno con respecto a los tratamientos fertilizados. Al igual comentan que la mayor extracción de nitrógeno fue en el suelo de textura arcillosa que arenosa siendo la dosis de $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno, siendo la extracción de nitrógeno en el testigo de $35.25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, y con la dosis de $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ la extracción fue de $216.9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para suelo con textura arcillosa; por el contrario, suelo con textura arenosa para el testigo la extracción de nitrógeno fue $83.36 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y la dosis de $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ la extracción fue $161.65 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, los valores anteriores sobre la extracción de nitrógeno son similares a las encontrados por otros estudios. De-Menezes *et al.*, (2013) reportan una extracción de nitrógeno ($129 - 224 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$); en cambio Butler *et al.*, (2008) reporta una extracción de nitrógeno ($176- 311 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) utilizando la misma dosis. Por otra parte, Palma *et al.*, 2002; Faz *et al.*, (2006) indican que la dosis de $300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ se consideró una extracción del cultivo de 14 kg de nitrógeno por Mg de MS.

Por el contrario, Berardo *et al.*, (2007) evaluando fósforo en el cultivo de alfalfa menciona que, un incremento de $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de fósforo se logra con dosis de $3,5$ y $8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fósforo. Se muestra que la disponibilidad de fósforo afectó en mayor medida la producción de materia seca. En función de estos resultados, se evidencia contenidos de fósforo extractable cercanos a $35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, así mismo

incrementándose aproximadamente a $560 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de materia seca por cada unidad adicional de fósforo extractable entre 10 y $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Al igual el contenido de fósforo en planta varía entre 0,21 y 0,24 % con la aplicación de 50 y $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fósforo, y siendo la concentración de los testigos de 0,17 %. Así mismo Berardo y Marino, (2000) indican que el contenido de fósforo en los testigos fue más elevado en el primer (0,21 %) y segundo año (0,20 %) y decreciendo en el tercer y cuarto año (0,14 %) esto debe atribuirse principalmente al agotamiento progresivo de la fracción del fósforo más fácilmente disponible, tanto del suelo como del aportado por la fertilización inicial.

También indican que los niveles de extracción de fósforo obtenidos bajo cortes en alfalfa ($20 \text{ a } 50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), manifiestan la necesidad de su reposición a través de la fertilización con dosis variables según el nivel de producción alcanzado y la eficiencia de uso del forraje. Como complemento en el periodo de crecimiento evaluado, la cantidad de fósforo acumulado en el forraje se incrementó significativamente con la fertilización fosfatada (Berardo *et al.*, 2007).

III. - MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica del experimento

La presente investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicado en Torreón, Coahuila con coordenadas de longitud 103°25'57" oeste del mediterráneo de Greenwich y 25° 31' 11" de latitud norte con una altura de 1,123 msnm.

3.2 Preparación del terreno

El terreno fue preparado con subsoleo, barbecho, rastreo y se niveló con rayo láser, la superficie de la melga fue de 19 metros de ancho y 146 metros de largo.

3.3 Siembra

Para la siembra de alfalfa se utilizó la sembradora Brillion. La variedad que se utilizó fue SW10®, con una densidad de semillas de 40 kg•ha⁻¹, la fecha de siembra fue el 12 de diciembre del año 2014 y está se realizó en suelo seco.

3.4 Riego

El sistema de riego que se utilizó en el cultivo fue riego por gravedad. Se aplicaron dos riegos de pre siembra con lámina aproximada de 5 cm para tener una buena germinación y emergencia del cultivo. Se aplicó un riego a los ocho días después de cada corte con una lámina de riego aproximada de 15 cm, con fechas de 30 septiembre y 18 noviembre del 2015 y el 26 marzo 2016

3.5 Fertilización

Se aplicó una fertilización de base en pre siembra en forma general con la dosis de 30 unidades de nitrógeno y 100 unidades de fósforo. Se aplicaron tratamientos de re-fertilización después del corte de la alfalfa una sola vez con fecha

de 8 septiembre 2015. Para establecer las dosis de fertilización se realizó un análisis de suelo en el área de estudio para determinar la concentración de elementos nutritivos, así como las características físicas y químicas del suelo. Para completar los tratamientos de fertilización se utilizaron fertilizantes inorgánicos. Los tratamientos de fertilización se aplicaron al voleo sobre el suelo después del corte y antes del riego, en una sola aplicación.

3.5.1 Dosis de fertilizantes

Se aplicaron cuatro dosis de fertilización y un testigo.

Tratamiento 1: 10-50-00

Tratamiento 2: 21-100-00

Tratamiento 3: 32-150-00

Tratamiento 4: 43-200-00

Testigo: 00-00-00

Los números de las dosis indican cantidades de nitrógeno y pentóxido de fósforo. La fuente de fertilización que se utilizó para proporcionar la dosis de fertilizantes fue fosfato mono amónico (11-52-00), en presentación granular. A todos los tratamientos se les agregaron, en presentación polvo humectable: 250 kg•ha⁻¹ de yeso agrícola (CaSO₄), 20 kg•ha⁻¹ de sulfato de zinc (ZnSO₄), 10 kg•ha⁻¹ de sulfato de cobre (CuSO₄) y 3 kg•ha⁻¹ de ácido bórico (H₃BO₃).

3.6 Cosecha

Se realizó la cosecha del forraje cuando la planta tuvo un 10 % de floración, con altura de corte de 5 cm y periodo de 25 a 40 días entre cortes. Se evaluaron dos cortes con fechas de 22 septiembre y 10 noviembre del 2015

3.7 Variables evaluadas

Se determinó la concentración de Nitrógeno y Fósforo en el follaje, porcentaje de proteína cruda y extracción de Nitrógeno y Fósforo.

- **Concentración foliar de nitrógeno.**

Para determinar las concentraciones de nitrógeno, las muestras que se secaron en el horno se molieron hasta polvo fino usando un molino (4E GRINDING MIL) (Fan *et al.*, 2016). Y al mismo tiempo cribando por la malla de 2 mm. La determinación de N total fue por el método semimicro-Kjeldahl, modificado por Johan Kjeldahl 1883, para incluir nitratos, (Alcántar y Sandoval, 1999).

El procedimiento en el laboratorio fue pesar 0.1 gr de muestra y colocar la muestra en un matraz micro Kjeldahl de 100 ml, agregando ácido sulfúrico (H_2SO_4) previamente mezclado con ácido salicílico ($C_7H_6O_3$): (50 gr $C_7H_6O_3$)-2000 ml H_2SO_4) Por aparte se preparó un blanco únicamente con H_2SO_4 y $C_7H_6O_3$ agregando la misma cantidad de reactivos que a la muestra.

Dejando reposar toda la noche o al menos 6 hr, al día siguiente se añadió tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$) previamente molido (por cada muestra), añadiendo 1.1 gr de mezcla digestora (catalizadora), después digiriendo hasta que la muestra en el matraz tomó color verde (en el manejo del micro digestor). Por aparte mezclando ácido sulfúrico (H_2SO_4) con ácido salicílico de ello agregando después 4 ml de la mezcla por cada muestra.

El siguiente paso fue la destilación, transfiriendo el contenido al bulbo de la cámara de destilación del aparato, así mismo se lavó el tubo con pequeñas porciones de agua destilada, para tener aproximadamente 7 ml, colocándose en el

tubo de salida del aparato de digestión un matraz Erlenmeyer de 125 ml con la solución de ácido bórico (H_3BO_3) con indicador, adicionando hidróxido de sodio (NaOH) al bulbo de destilación. Después se conectó el flujo de vapor y se inicia la destilación. Se destilan aproximadamente 50 ml y se lava el condensador.

El nitrógeno amoniacal se determina por titulación con ácido 0.05 N. se sugiere utilizar una microbureta de 10 ml con graduaciones de 0.02 ml o un titulador automático. El punto de equivalencia de la titulación ocurre cuando la solución vira de verde a rosado (titular los blancos y tomar como referencia este vire). Con los datos obtenidos para determinar el porcentaje de Nitrógeno se utilizó la siguiente fórmula:

$$N \text{ (cmol Kg)} = \frac{(V \text{ muestra} - V \text{ blanco})N \text{ ácido} \times 14}{\text{peso muestra} \times 10}$$

Donde:

V muestra= volumen de H_2SO_4 para la titulación la muestra (ml).

V blanco= volumen de H_2SO_4 para titular el blanco (ml).

N = normalidad exacta del H_2SO_4 .

14= peso mili-equivalente del N (mg).

1/10= factor para convertir a porcentaje (100/1000).

- **Concentración foliar de Fósforo.**

Los extractos para determinar fósforo se obtuvieron mediante el procedimiento de digestión húmeda con una mezcla de ácido perclórico (HClO_4) y ácido nítrico (HNO_3) (Alcántar y Sandoval, 1999).

Para determinar las concentraciones de fósforo, las muestras secas del horno se molieron a un polvo fino usando un molino (4E GRINDING MILL) Fan *et al.*, (2016), y al mismo tiempo cribando por la malla de 2 mm.

El procedimiento en el laboratorio fue pesar 0.5 gr de cada muestra y colocando en un matraz micro Kjeldahl de 100 ml, mezclando en vaso de precipitado ácido nítrico (HNO_3) y ácido perclórico (HClO_4) por muestra después agregando la mezcla de ácidos al matraz micro Kjeldahl de 100 ml que contiene el matraz. Dejando reposar mínimo 12 hr o bien toda la noche (pre digiriendo).

Al día siguiente, para digerir calentamos a 6°C aproximadamente 15 minutos y bajando la temperatura a 4°C , hasta que el matraz quedo incoloro a ligeramente blanca (en el manejo del micro digestor. Cuando las muestras quedaron incoloras se pasaron al tubo Folling y limpiando el matraz con agua destilada procurando que no quede nada en el matraz y tampoco sobre pasar los 25 ml en el tubo Folling. Del mismo tubo Folling se tomó la muestra para fósforo, colocándolo a un matraz de 50 ml.

Después se preparó el reactivo vanadomolibdico con ácido nítrico (HNO_3), meta-vanadato de amonio (NH_4VO_3) y molibdato de amonio ($\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Nuevamente se preparó ácido nítrico, meta-vanadato de amonio, y molibdato de amonio. Una vez preparados los reactivos se vaciaron en un vaso de precipitado, agregándose a cada matraz que previamente se coloca en matraz de aforación de 50 ml.

Se corre un blanco agregando de la mezcla que se preparó a un matraz de aforación de 50 ml. Después se aforan los matraces y el blanco, se agita y se deja

reposar ½ hora antes de tomar lectura en el fotómetro. Conforme a los datos obtenidos para determinar el porcentaje de Fósforo se usó la siguiente fórmula:

$$\%P = \frac{\text{PPM CC(DM)(DV)}}{10,000}$$

Donde:

%= porcentaje

P= Fósforo

Ppm= partes por millón

CC= cálculos de concentración

DM= dilución de masa

DV= dilución de volumen

10,000= constante

- **Extracción de Nitrógeno (kg•ha⁻¹).**

Esta se determinó en base al contenido de nitrógeno en la materia seca y el rendimiento de forraje seco mediante la fórmula siguiente:

$$\text{EN (kg/ha)} = \%N \times \text{RFS}$$

Donde:

EN: extracción de nitrógeno

N (%): porcentaje de nitrógeno en base a materia seca

RFS: rendimiento de forraje seco por (kg•ha⁻¹)

- **Extracción de Fósforo (kg•ha⁻¹).**

Este se determinó en base al contenido de fósforo en la materia seca y el rendimiento de forraje seco mediante la fórmula siguiente:

$$\text{EP (kg/ha)} = \%P \times \text{RFS}$$

Donde:

EP: extracción de fósforo

P (%): porcentaje de fósforo en base a materia seca

RFS: rendimiento de forraje seco por ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

- **Porcentaje de proteína cruda.**

El contenido de proteína cruda se determinó según el método de semimicro-Kjeldahl modificado, utilizando la siguiente fórmula de acuerdo a Viliana (2013):

$$(CP = NX6.25)$$

Donde:

CP = proteína cruda

N= concentración foliar de nitrógeno

6.25= constante.

3.8 Diseño experimental y parcela experimental

El diseño del experimento fue en bloques completamente al azar con cuatro tratamientos de fertilización, cuatro repeticiones y un testigo absoluto. Cada unidad experimental tuvo una medida de tres metros de ancho y 10 de largo, la parcela útil consistió de tres cuadros de 1 m² dentro de la unidad experimental.

3.9 Análisis estadístico

Los resultados se sometieron al análisis de varianza (ANDEVA) y cuando se encontraron diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación de medias de tratamiento por el método de Tukey ($p=0.05$).

IV. - RESULTADOS

4.1 Características químicas del suelo en el área experimental.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de fertilidad del suelo de la investigación, en el área experimental de la UAAAN-UL bajo dosis de fertilización inorgánica.

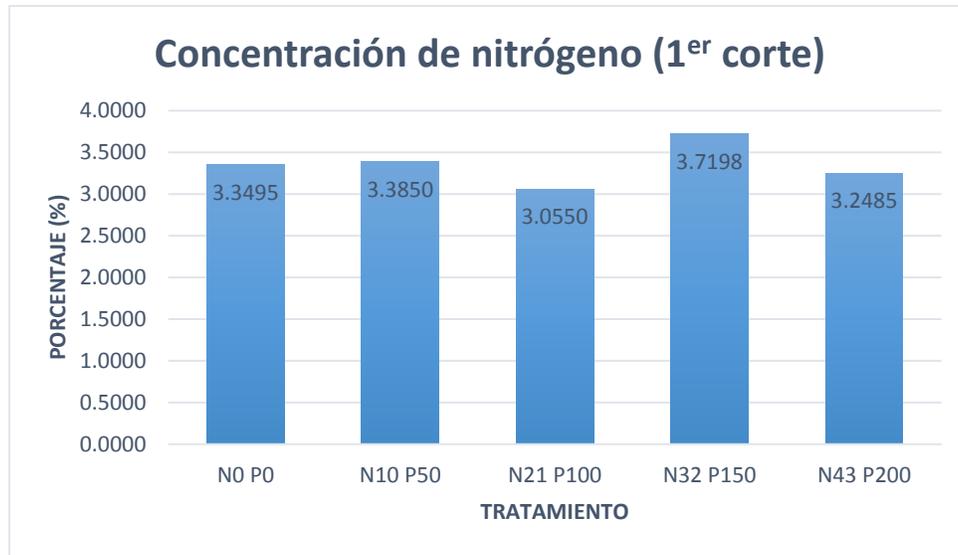
Cuadro 1. Resultados de fertilidad del suelo

Característica de suelo	Muestra de suelo	Rango optimo
pH	8.23 MA	6.5-7.5
Materia Orgánica (%)	1.63 P	>3.0
Nitrato de Nitrógeno (ppm)	8.70 B	>30.0
Fosforo disponible (ppm)	3.00 B	>30.0
Carbonato totales (%)	17.60 A	<15.0
Potasio (ppm)	271.0 A	>170.0
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	0.89 NS	2.0-8.0

MA= Medianamente Alcalino P= Pobre B= Bajo A=Alto NS= No Salino

4.2 Concentración de nitrógeno primer corte.

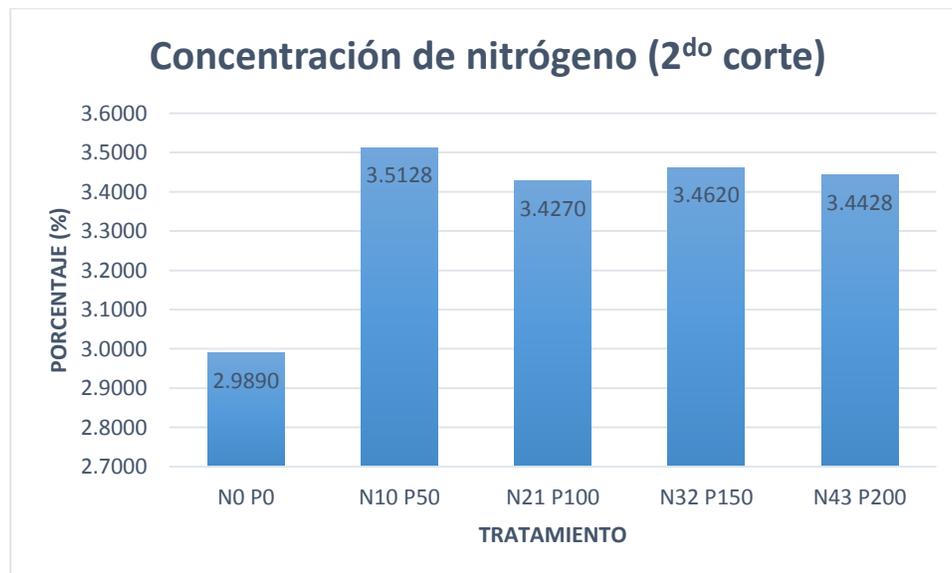
No se encontró diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilización en la concentración foliar de nitrógeno en el primer corte. De acuerdo a la Gráfica 1 la dosis de fertilización N32 P150 obtuvo la mayor concentración foliar de nitrógeno con 3.7198 % mientras que el tratamiento N0 P0 obtuvo 3.349 %.



Gráfica 1. Concentración foliar de nitrógeno primer corte en el cultivo de alfalfa.

4.3 Concentración de nitrógeno segundo corte.

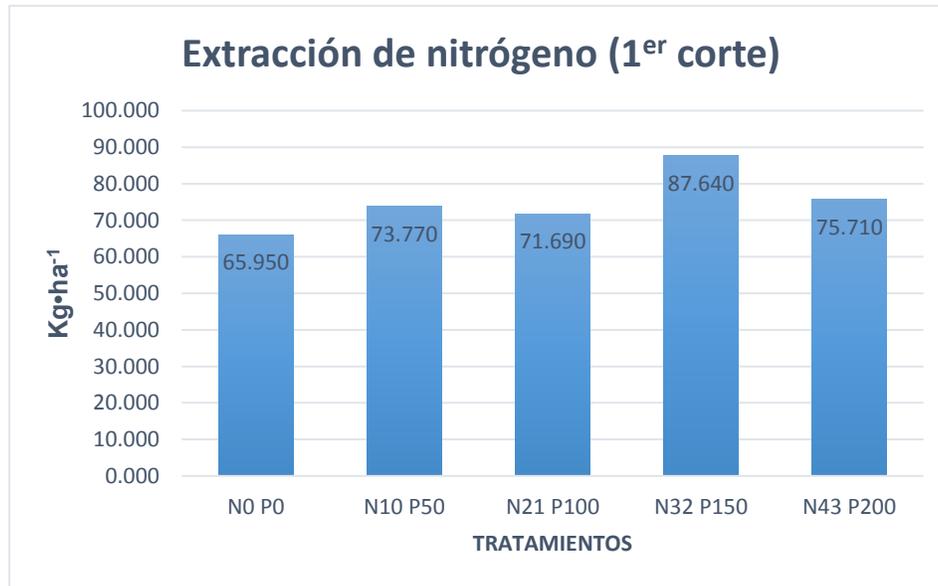
No se encontró diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilización en la concentración foliar de nitrógeno en el segundo corte. De acuerdo a la Gráfica 2 la dosis de fertilización N10 P50 obtuvo la mayor concentración foliar de nitrógeno con 3.5128 % mientras que el tratamiento N0 P0 obtuvo 2.9890%.



Gráfica 2. Concentración foliar de nitrógeno segundo corte en el cultivo de alfalfa.

4.4 Extracción de nitrógeno primer corte

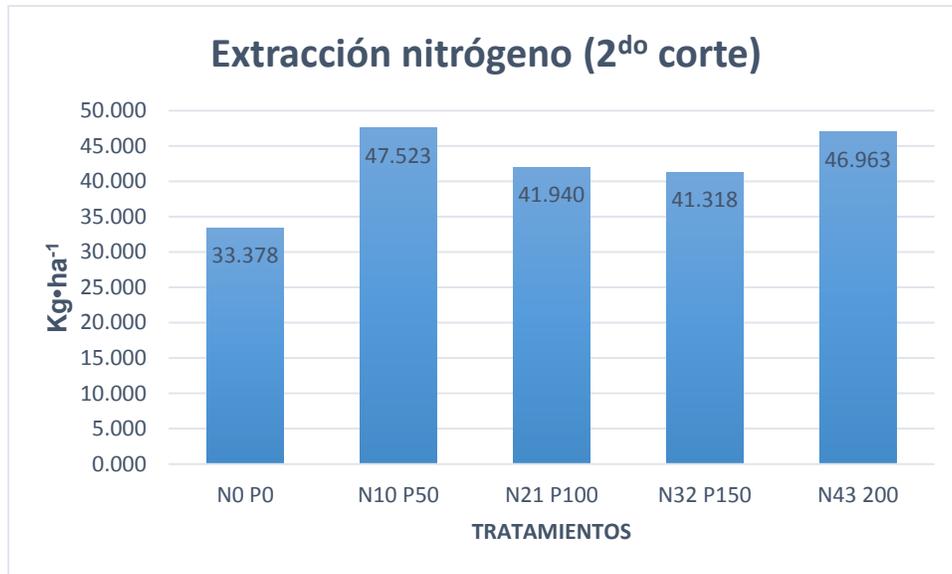
No se encontró diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilización en la extracción de nitrógeno en el primer corte. De acuerdo a la Gráfica 3 la dosis de fertilización N32 P150 obtuvo la mayor extracción de nitrógeno con 87.640 kg•ha⁻¹ mientras el tratamiento N0 P0 obtuvo 65.950 kg•ha⁻¹.



Gráfica 3. Extracción de nitrógeno primer corte en el cultivo de alfalfa.

4.5 Extracción de nitrógeno segundo corte

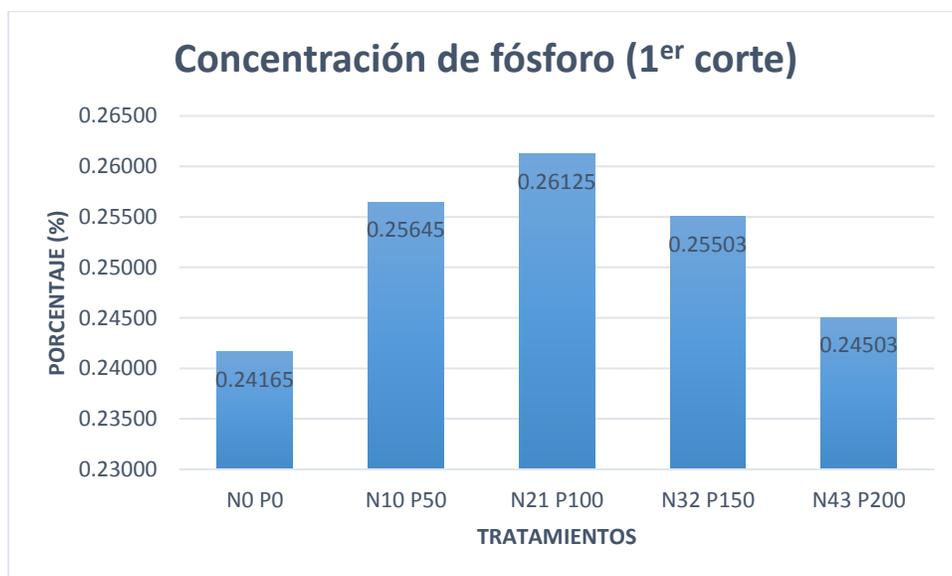
No se encontró diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilización en la extracción foliar de nitrógeno en el segundo corte. De acuerdo a la Gráfica 4 la dosis de fertilización N10 P50 obtuvo la mayor extracción foliar de nitrógeno con 47.523 kg•ha⁻¹ mientras que el tratamiento N0 P0 obtuvo 33.378 kg•ha⁻¹.



Gráfica 4. Extracción de nitrógeno segundo corte en el cultivo de alfalfa

4.6 Concentración de fósforo primer corte

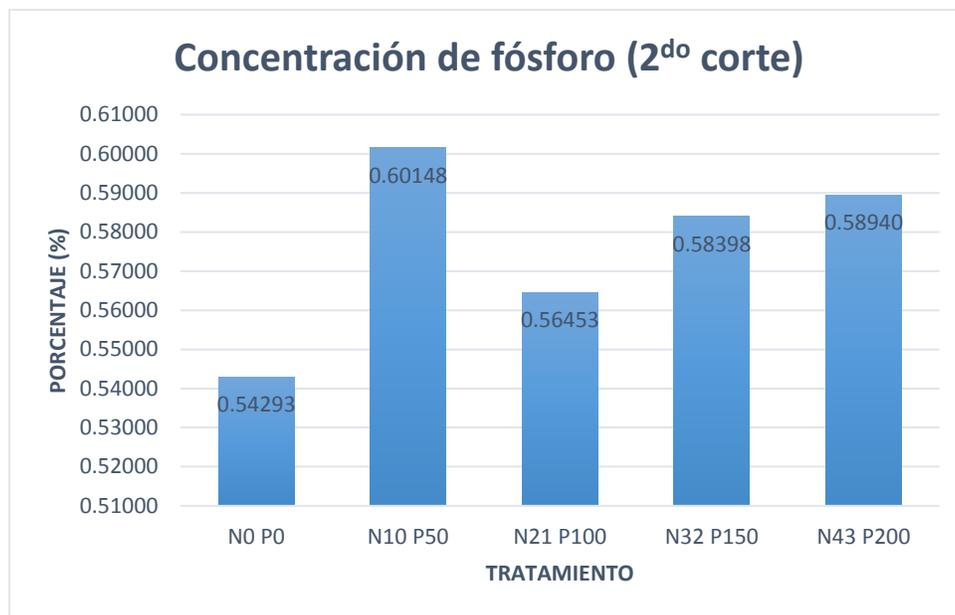
No se encontró diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilización en la concentración foliar de fósforo en el primer corte. De acuerdo a la Gráfica 5 la dosis de fertilización N21 P100 obtuvo la mayor concentración foliar de fósforo con 0.26125 % mientras el tratamiento N0 P0 obtuvo 0.24165%.



Gráfica 5. Concentración foliar de fósforo primer corte en el cultivo de alfalfa

4.7 Concentración de fósforo segundo corte

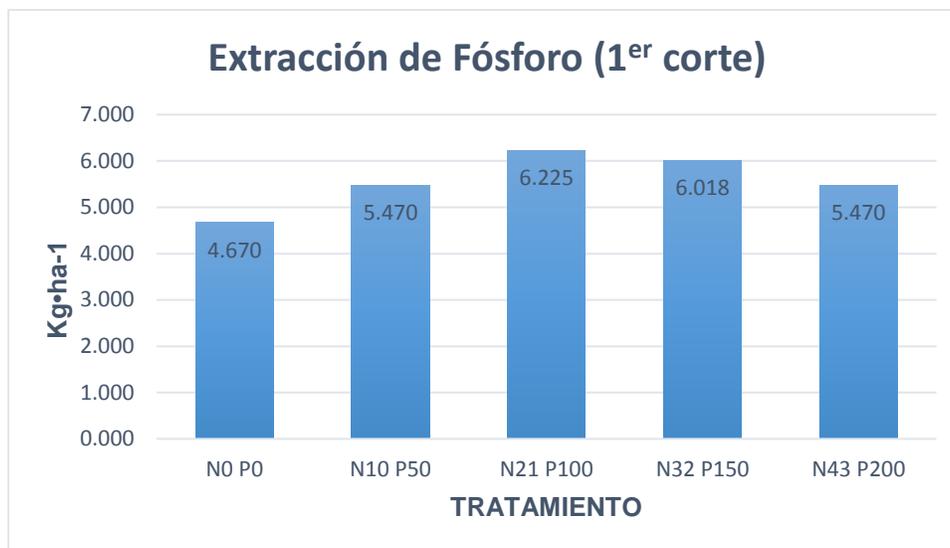
No se encontró diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilización en la concentración foliar de fósforo en el segundo corte. De acuerdo a la Gráfica 6 la dosis de fertilización N10 P50 obtuvo la mayor concentración foliar de fósforo con 0.60148 % mientras que el tratamiento N0 P0 obtuvo 0.54293%.



Gráfica 6. Concentración foliar de fósforo segundo corte en el cultivo de alfalfa

4.8 Extracción de fósforo primer corte

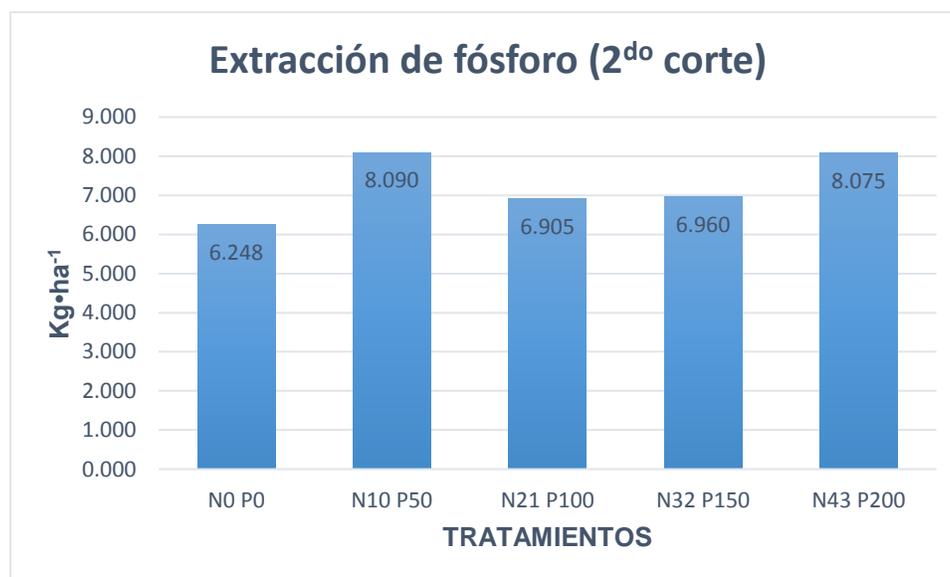
No se encontró diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilización en la extracción foliar de fósforo en el primer corte. De acuerdo a la Gráfica 7 la dosis de fertilización N21 P100 obtuvo la mayor extracción foliar de fósforo con 6.225 kg•ha⁻¹ mientras que el tratamiento N0 P0 obtuvo 4.670 kg•ha⁻¹.



Gráfica 7. Extracción de fósforo primer corte en el cultivo de alfalfa

4. 9 Extracción de fósforo segundo corte

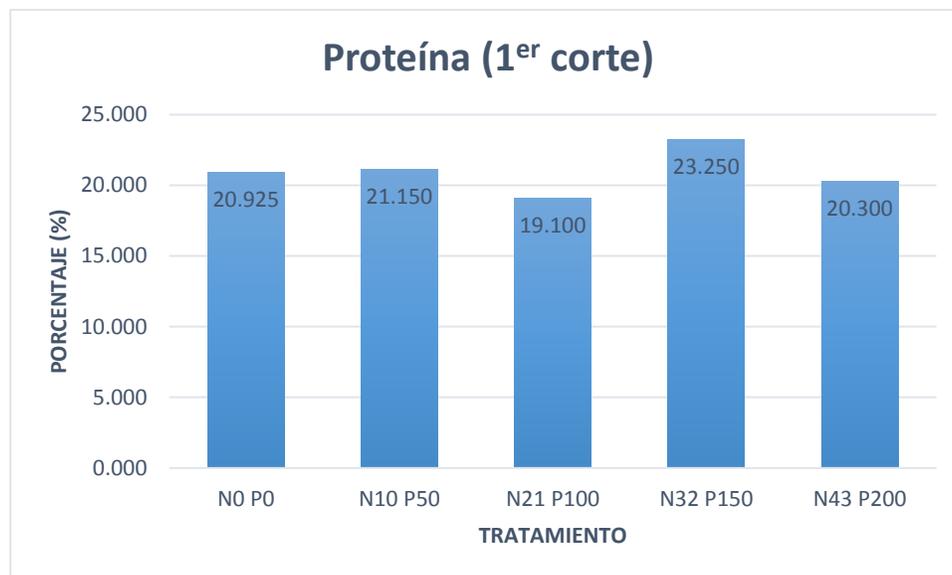
No se encontró diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilización en la extracción foliar de fósforo en el segundo corte. De acuerdo a la Gráfica 8 la dosis de fertilización N10 P50 obtuvo la mayor extracción foliar de fósforo con 8.090 kg·ha⁻¹ mientras que el tratamiento N0 P0 obtuvo 6.948 kg·ha⁻¹.



Gráfica 8. Extracción de fósforo segundo corte en el cultivo de alfalfa

4.10 Proteína primer corte

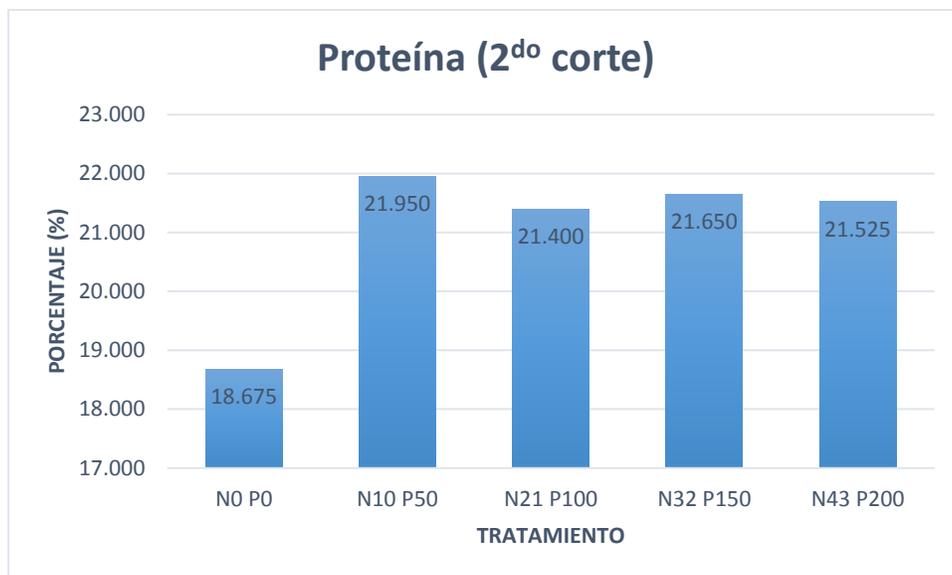
No se encontró diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilización en la proteína primer corte. De acuerdo a la Gráfica 9 la dosis de fertilización N32 P150 obtuvo el mayor porcentaje de proteína con 23.250 % mientras que el tratamiento N0 P0 obtuvo 20.925 %.



Gráfica 9. Proteína del forraje primer corte del cultivo de alfalfa

4.11 Proteína segundo corte

No se encontró diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilización en la proteína segundo corte. De acuerdo a la Gráfica 10 la dosis de fertilización N10 P50 obtuvo el mayor porcentaje de proteína con 21.950 % mientras que el tratamiento N0 P0 obtuvo 18.675 %.



Gráfica 10. Proteína del forraje segundo corte del cultivo de alfalfa.

V. - DISCUSIÓN

5.1 Concentración foliar de nitrógeno

La concentración foliar de nitrógeno obtenida en el presente trabajo de investigación coincide con lo dicho por Cueto y Quiroga (1989) quienes reportan valores de 3.06 a 4.83 % para la Región Lagunera, mientras que los resultados obtenidos en esta investigación son 3.05 a 3.71 % del primer corte y 3.42 % a 3.51 % del segundo corte observándose que no hay diferencia significativa

En el primer corte los tratamientos con fertilización mostraron un incremento de 11% más en el contenido de nitrógeno que el tratamiento no fertilizado (3.71 % con respecto a 3.34 %), sin alcanzar la significancia estadística, mientras que para el segundo corte los tratamientos con fertilización obtuvieron 15 % más de contenido de nitrógeno que el tratamiento no fertilizado (3.51 % con respecto a 2.98 %) sin alcanzar la significancia. De acuerdo a estos resultados se observa una tendencia a incrementar el contenido de nitrógeno por medio de la fertilización, no alcanzando la significancia estadística. Los resultados de la presente investigación son mayores a los encontrados por Fan *et al.*, (2016) quienes al evaluar dosis de fertilización con nitrógeno y fósforo N0:P0 y N70:P34 obtuvieron incrementos del 9 % en el contenido de nitrógeno del tratamiento fertilizado con respecto al tratamiento no fertilizado (2.3 % con respecto a 2.09 %).

5.2 Concentración foliar de fósforo

La concentración foliar de fósforo obtenida en el presente trabajo de investigación coincide con los valores encontrados por Cueto y Quiroga (1989) quienes reportaron valores de 0.17 % a 0.44 % para la Región Lagunera, mientras

que los resultados obtenidos en esta investigación fueron de 0.24 % a 0.26 % en el primer corte y para el segundo corte los valores fueron superiores con 0.56 % a 0.60%.

La fertilización incrementó la concentración de fósforo en 7.7 % con respecto al tratamiento no fertilizado (0.24 %) al tratamiento con fertilización (0.26 %) para el primer corte, no habiendo así significancia estadística, mientras que para el segundo corte se obtuvo un 10 % de incremento en la concentración de fósforo del tratamiento con fertilización (0.60 %) respecto al tratamiento no fertilizado (0.54 %) no encontrando diferencia significativa, el incremento en la concentración de fósforo por efecto de la fertilización de la presente investigación es inferior a 29 % de incremento encontrado por Fan *et al.*, (2016) quienes al evaluar dosis de fertilización con nitrógeno y fósforo N0:P0 Y N70:P34 obtuvieron valores 0.12 % para el tratamiento no fertilizado y 0.17 % para el tratamiento con fertilización. Por otro lado, Berardo *et al.*, (2007) al evaluar el contenido de fósforo en planta encontró valores de 0.21 y 0.24 % con la aplicación de 50 y 100 kg·ha⁻¹ de fósforo, y 0.17 % para el tratamiento sin fertilizar, los cuales representan un incremento de 29 % del tratamiento con fertilización respecto al tratamiento no fertilizado.

5.3 Extracción de nitrógeno

La extracción de nitrógeno obtenida en el presente trabajo es de 71.69 Kg·ha⁻¹ a 87.64 Kg·ha⁻¹ para el primer corte, mientras que para el segundo corte la extracción de nitrógeno fue de 41.94 Kg·ha⁻¹ a 47.52 Kg·ha⁻¹.

En la presente investigación los resultados obtenidos de extracción de nitrógeno se incrementaron a un 24 % con respecto al tratamiento no fertilizado

(65.95 kg•ha⁻¹) y al tratamiento fertilizado (87.64 kg•ha⁻¹) en el primer corte, no habiendo significancia estadística, mientras que los resultados obtenidos para el segundo corte fue un 29 % de incremento con respecto al tratamiento con fertilización (47.52 kg•ha⁻¹) y al tratamiento no fertilizado (33.37 kg•ha⁻¹), al igual que los anteriores no se encontró significancia estadística. Estos resultados son mayores a los encontrados por Fan *et al.*, (2016) quienes utilizando dosis de N0:P0 la extracción de nitrógeno fue 39.7 kg•ha⁻¹ y para la dosis N70:P34 la extracción de nitrógeno fue de 73.4 kg•ha⁻¹. Así mismo Anselmo *et al.*, (2016) utilizando dosis de 50 kg•ha⁻¹ de nitrógeno en el suelo arcilloso causó incrementos significativos en la extracción del mismo elemento siendo (35.25 kg•ha⁻¹) para el tratamiento no fertilizado mientras que para la dosis de 50 kg•ha⁻¹ la extracción fue de 216.9 kg•ha⁻¹; por el contrario, suelo con textura arenosa para el tratamiento no fertilizado la extracción de nitrógeno fue 83.36 kg•ha⁻¹ y la dosis de 50 kg•ha⁻¹ la extracción fue 161.65 kg•ha⁻¹ los cuales son superiores a los obtenidos en el presente trabajo de investigación. Los valores encontrados en el presente trabajo son menores a los encontrados por otros estudios. De-Menezes *et al.*, (2013) quienes reportan una extracción de nitrógeno (129 – 224 kg•ha⁻¹); así mismo con los valores encontrados por Butler *et al.*, (2008) reporta una extracción de nitrógeno (176- 311 kg•ha⁻¹) utilizando dosis de 50 kg•ha⁻¹. Por otra parte, Palma *et al.*, 2002; Faz *et al.*, (2006) indican que la dosis de 300 kg•ha⁻¹ se consideró una extracción del cultivo de 14 kg de nitrógeno por Mg de MS. También Del Pozo (1983) en España, calcula extracciones de 336 kg•ha⁻¹ de nitrógeno, suministrando 140 a 150 kg•ha⁻¹ de P₂O₅ al año y 180 a 200 kg•ha⁻¹ de K₂O al año, sin aplicar nitrógeno, para el mantenimiento del alfalfar.

5.4 Extracción de fósforo

La extracción de fósforo obtenida en la presente investigación fue $5.47 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $6.22 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el primer corte, mientras que para el segundo corte fue $6.96 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $8.09 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

La extracción de fósforo se incrementó un 24 % con respecto al tratamiento no fertilizado ($4.67 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) al tratamiento fertilizado ($6.22 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) en el primer corte, no habiendo diferencia significativa, mientras que para el segundo corte el incremento fue un 22 % al tratamiento sin fertilización ($6.24 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) con el tratamiento fertilizado ($8.09 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), al igual que en el primero corte no se encontró diferencia significativa, dichos resultados son superiores con los de Fan *et al.*, (2016) quienes trabajando con N0:P0 la extracción para fósforo fue $2.47 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y para la dosis N70:P34 la extracción para fósforo fue $5.57 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Sin embargo, Berardo y Marino (2000) indican que los niveles de extracción de fósforo obtenidos bajo cortes en alfalfa son de (20 a $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), manifestando la necesidad de su reposición a través de la fertilización con dosis variables según el nivel de producción alcanzado y la eficiencia de uso del forraje. En cambio, Del Pozo (1983) en España, calcula extracciones de, $24 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fósforo suministrando 140 a $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 al año y 180 a $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O al año, sin aplicar nitrógeno, para el mantenimiento del alfalfa, dichos valores son superiores a los encontrados en el presente investigación.

5.5 Proteína cruda

Los resultados de proteína cruda de la alfalfa fertilizada del primer corte fue de (23.25 %) estos resultados se encuentran dentro del parámetro de calidad para forraje de alfalfa señalado por Undersander *et al.*, (1993) quienes señalan un 23.7 % de proteína para calidad normal y 24.9 % para alta calidad. En el mismo corte los valores mínimos (19.10 %) de proteína cruda encontrados en la presente investigación fueron inferiores a la calidad normal, así mismo para el segundo corte se obtuvieron resultados inferiores a los valores de calidad normal y alta calidad mencionados anteriormente, siendo los valores de (21.95 %) para alfalfa fertilizada y (18.67 %) para la alfalfa no fertilizada, no encontrándose diferencia estadística en ambos cortes.

Los resultados obtenidos de proteína cruda en el primer corte fue de 9 % mayor del tratamiento fertilizado (23.23 %) al tratamiento no fertilizado (20.92 %), no habiendo así significancia estadística, mientras que para el segundo corte la proteína obtenida fue de 14% con respecto al tratamiento fertilizado (21.95 %) al tratamiento no fertilizado (18.67 %) no habiendo diferencia significativa , dicho resultados coinciden con Viliana (2013) señalando que la dosis de (40 mg•kg⁻¹ N) no tuvo ningún efecto sobre el contenido de proteína cruda. Con el aumento de las dosis de fertilización nitrogenada el contenido de proteína cruda aumentó de un 13 % a 19 %, en comparación con el control no fertilizado, mismo autor menciona que, la fertilización nitrogenada influyó en el contenido de proteína, disminuyendo hasta el 9 % para la dosis de 120 mg•kg⁻¹ N, el suministro de nitrógeno es importante en las plantas de alfalfa y estos datos confirman indirectamente la opinión de otros

autores, que la alfalfa usa fertilizantes nitrogenados a pesar de la capacidad de fijación de nitrógeno (Hartwig y Soussana, 2001). Así mismo nuestros resultados también coinciden con, Urbano *et al.*, (1995) al no encontrar diferencias significativas en los contenidos de proteína cruda en alfalfa bajo corte con distintos tratamientos de fertilización de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y elementos menores. El contenido de proteína cruda en el presente trabajo es mayor a los reportados por Cherney *et al.*, (1994) quienes indican que el contenido de proteína cruda después de la fertilización nitrogenada mineral varía de 13.7 % a 16.3 % $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ MS. Con respecto a lo anterior se encontraron tendencias similares por otros autores, identificando el valor nutritivo de la alfalfa fertilizados con nitrógeno mineral (Keskin *et al.*, 2009).

VI. - CONCLUSIONES

No se encontró diferencia significativa por efecto de los tratamientos con fertilización en la concentración foliar y extracción de nitrógeno y fósforo, ni en el porcentaje de proteína en el forraje, habiéndose cumplido con el objetivo de esta investigación.

Se observó una tendencia en el incremento la concentración foliar y extracción de nitrógeno y fósforo, y en el contenido de proteína cruda de forraje, de los tratamientos con fertilización respecto al tratamiento no fertilizado, esto indica que se cumplió la hipótesis de la investigación.

En el cultivo estudiado la aplicación de fertilizante mejoró ligeramente sin valor significativo las variables de la planta.

VII. - LITERATURA CITADA

- Abu-Qamar, S. F.; Cunningham, S. M. and Volenec, J. J. 2006. Phosphate nutrition and defoliation effects on growth and root physiology of alfalfa. *J. Plant Nutrition*. 29:1387-1403.
- Agnusdei, M.; Assuero, A.; Lattanzi, F.; Marino, M. 2010. Critical N concentration can vary with growth conditions in SAS INSTITUTE INC. 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Alcántar G., G. y M. Sandoval V. 1999. Manual para análisis químico de tejido vegetal. Publicación esp. 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México.
- Améndola R., Castillo E. y Arturo P. 2005 Pasturas y Cultivos Forrajeros. México II. http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico_sp/Mexico2_sp.htm. Consultado 20 septiembre de 2016.
- Anselmo González Torres, Uriel Figueroa Viramontes, Pablo Preciado Rangel, Gregorio Núñez Hernández, J. Guadalupe Luna Ortega y Oralia Antuna Grijalva. 2016. Uso eficiente y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero en suelos diferentes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 Núm.2. p. 301-309.
- Azcón, R., F. El-Atrash, and J.M. Barea. 1988. Influence of mycorrhiza vs. Soluble phosphate on growth, nodulation, and N₂ fixation (¹⁵N) in alfalfa under different levels of water potential. *Biol. Fertil. Soils* 7:28–31. doi:10.1007/BF00260728.

- Barber, S.A. 1984. Chapter 21: Nutrient placement. In: Soil nutrient bioavailability. A mechanistic approach. Ed: John Wiley & Sons, Inc. 368-388.
- Bariggi C., R. Hernández, N. Romero, M. Zanelli, A. Cragnaz y R. Rossanigo. 1979. Efecto de la frecuencia de corte en primavera y otoño en la longevidad y productividad de la alfalfa en la región pampeana Argentina. I. Contenido de proteína del forraje. II. Niveles de carbohidratos disponibles en las raíces. Proyecto PNUD-FAO-INTA Argentina 751006. 5.83 p.
- Berardo, A., M. A. Marino y S. Erht. 2007. Producción de forraje de alfalfa con aplicación de fósforo superficial y profundo. RIA 36: 97-114.
- Berardo, A.; Marino, M.A. 2000. Producción de forraje de alfalfa bajo diferentes niveles de nutrición fosfatada en el sudeste bonaerense. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 20(2):93-101.
- Berg, W.K., S.M. Cunningham, S.M. Brouder, B.C. Joern, K.D. Johnson, J. Santini, and J.J. Volenec. 2005. Influence of phosphorous and potassium on alfalfa yield and yield components. Crop Sci. 45:297–304. doi:10.2135/cropsci2005.0297.
- Berg, W.K., S.M. Cunningham, S.M. Brouder, B.C. Joern, K.D. Johnson, J. Santini, and J.J. Volenec. 2007. The long-term impact of phosphorous and potassium fertilization on alfalfa yield and yield components. Crop Sci. 47:2198– 2209. doi:10.2135/cropsci2006.09.0576.
- Berrada, A. and Westfall, D. G. 2005. Irrigated alfalfa response to phosphorus and potassium in a calcareous soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 36:1213-1227.

- Bickoff E. M., G. O. Kohler y D. Smith, 1972. Composición química de la hierba. p. 309 - 348. En: Hemisferio Sur (Ed.). Ciencia y tecnología de la alfalfa. American Society of Agronomy Inc.
- Bolton, J. L.; Goplen, B. P y Baenziger, H. 1972. World distribution and historical developments. En: Alfalfa Science and Technology. Edit. Hanson C.H. American Society of Agronomy. pp: 1-34.
- Cabalceta, G. 1999. Fertilización y nutrición de forrajes de altura. XI Congreso Nacional Agronómico, III Congreso de Suelos. UCR, San José, Costa Rica. 239-254.16p.
- Carámbula, M. 1981. Producción de Semillas de Plantas Forrajeras. Editorial Hemisferio Sur. SRL: Montevideo, Uruguay. 518 p.
- Cherney, D.J.R.; Cherney, J.H.; Pell, A.N.; Inorganic Nitrogen Supply Effects on Alfalfa Forage Quality. Journal of Dairy Science, 1994, 77:230–236.
- Christian, K.R. 1977. Effects of the environment on the growth of alfalfa. Advances in Agronomy 29:183-227.
- Cihacek, L.J.; Alfalfa Nutrient Needs and Fertilization. In: Workshop Sobre o Potential Forrageiro da Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Nos Tropicos, Juiz de Fora, Anais. Juiz de Fora: EMBRAPA, CNPGL, 1994, pp. 93–97.
- Collins, M., Lang, D.J. y Kelling, K.A. 1986. Effects of phosphorus, potassium and sulfur on alfalfa nitrogen-fixation under field conditions. Agronomy Journal 78: 959 - 963.
- Cueto, W. J. A. y H. M. Quiroga G. 1989. Extracción nutrimental por alfalfares en la Comarca Lagunera. In: Memorias del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Colegio de Postgraduados, Montecillo Edo. De México. p. 86.

- Daniel Machado y Ciro Dávila. Efectos de la fertilización con N, P y K y el microclima, en la asociación de alfalfa (*Medicago sativa*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), bajo pastoreo rotativo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 1997,15: 38-52.
- Del Pozo I. M. 1983. Algunos caracteres morfológicos y fisiológicos. En: Del Pozo I, M. La alfalfa su cultivo y su aprovechamiento. Tercera Edición. Madrid, Mundi-Prensa. Pp 61-86.
- Del Pozo I. M. 1983. La Alfalfa. Su Cultivo y Aprovechamiento. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 380 p.
- Del Pozo M. 1983. La alfalfa su cultivo y aprovechamiento. Tercera edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 375 p.
- Delgado, A., and R. Scalenghe. 2008. Aspects of phosphorus transfer from soils in Europe. Review article. J. Plant Nutr. Soil Sci. 171:552–575. doi:10.1002/jpln.200625052.
- Delgado, I.; Andueza, D.; Munoz, F.; Martinez, N.; Effect of Nitrogen Fertilization on Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Regrowth and Production. Options Mediterraneanes Serie A, Seminars Mediterraneanes, 2001, 45:141–143.
- De-Menezes, L. F. G.; Ronsani, R.; Pavinato, P. S.; Biesek, R. R.; Da-Silva, C. E. K.; Martinello, C. e Da-Silveira, M. F. 2013. Produção, valor nutricional e eficiências de recuperação e utilização do nitrogênio de silagens de milho sob diferentes doses de adubação nitrogenada. Semina: Ciências Agrárias. 34:1353-1362.
- Díaz, Z. M. 2000. Evaluando la sostenibilidad de sistemas intensivos de producción de carne. Publicación técnica No. 27. Instituto Nacional de Tecnología

- Agropecuaria, Centro Regional Buenos Aires Norte, Estación Experimental Agropecuaria General Villegas. Argentina.
- Duarte, G. 2007. Fertilización de alfalfa. Sitio argentino de producción animal. www.produccion-animal.com.ar (Consulta: junio 15, 2016).
- Espinoza, C. J. Ma. y Ramos, G. J. L. 2001. El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo. Folleto para productores. No. 22. Fundación Produce de Aguascalientes e INIFAP. Campo Experimental Pabellón. Cironoc-inifap. (Consultado 15-09-16).
- Farissi, M. Growth, Nutrients Concentrations, and Enzymes Involved in Plants Nutrition of Alfalfa Populations under Saline Conditions. *J Agric Sci Technol* 16, 301–314 (2014).
- Faz-Contreras, R.; Figueroa-Viramontes, U.; Jasso-Ibarra, R. y Maciel- Pérez, L. H. 2006. Fertilización y riego. In: maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Libro científico Núm.3. INIFAP, Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila. México. 141-173 pp.
- García, J. M. 2002. Producción de alfalfa para forraje bajo regadío. *Produc. Bovina Carne* 92: 1-3
- Gholami A, De Geyter N, Pollier J, Goormachtig S, A Goossens. 2014. la biosíntesis de productos naturales en *Medicago* especies. *Nat Prod Rep* 31: 356-380.
- Graham, J. H. 1979. *A Compendium of Alfalfa Diseases*. St. Paul, Minn: American Phytopathological Society. 65 p.
- Haden, V.R., Q.M. Ketterings, and J.E. Kahabaka. 2007. Factors affecting change in soil test phosphorous following manure and fertilizer application. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71:1225–1232. doi:10.2136/sssaj2006.0230.

- Hakl, J., J. Santrucek and L. Krajic. 2008. The effect of root morphology on alfalfa yield in the spring regrowth period. *Grassland Sci. Europe*. 13: 251-253.
- Hanson, C. H. 1980. *Ciencia y Tecnología de la Alfalfa*. Comp. Por C. H. Hanson. Montevideo, Hemisferio Sur; 2 Vol. 529 p.
- Hartwig, U.A.; Soussana, J.F.; Ecophysiology of Symbiotic N₂ fixation in Grassland Legumes. In: *Grassland Science in Europe* (Ed. J. Isselstein J.), 2001, pp. 23–26.
- Jaime C. B., Galindo L. J., Nodar P. R. 2007. The effect of organic and inorganic fertilization on phytoplanktonic production in Boca Ambulia aquaculture station (Cuba). *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria* 1695-7504. Cuba. Vol. 7.N.10. Pág. 6.Pp.2.
- James, D.W., T.A. Tindall, C.J. Hurst, and N. Hussein. 1995. Alfalfa cultivar responses to phosphorous and potassium deficiency: Biomass. *J. Plant Nutr.* 18:2413–2445.
- Jing-Wei Fan, Yan-Lei Du, Bing-Ru Wang, Neil C. Turner, Tao Wang, Lynette K. Abbott, Katia Stefanova, Kadambot H.M. Siddique, Feng-Min Li. 2016. Forage yield, soil water depletion, shoot nitrogen and phosphorus uptake and concentration, of young and old stands of alfalfa in response to nitrogen and phosphorus fertilisation in a semiarid environment. *Field Crops Research*. No. of Pages 11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2016.08.014>.
- Johnson, C. R., Reiling, B. A., Mislevy, P. and Hall, M. B. 2001 Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber and protein fractions of tropical grasses. *Journal Animal Science*. 2439-2448 p.

- Juárez Lagunes, FI; Fox, DG; Blake, RW; Pell. Evaluación de la AN pastos tropicales para la producción de leche de vacas de doble propósito en México tropical. *Revista of Dairy Science*, Champaign, v. 82, no. 10, p. 2136-2145, octubre de 1999.
- Jung, G.A., and D. Smith. 1959. Influence of soil potassium and phosphorous content on the cold resistance of alfalfa. *Agron. J.* 51:585–587. doi:10.2134/agronj1959.00021962005100100004x
- Karagić D.; Milic, D.; Katie, S. and Vasiljevic, S. 2008. Alfalfa seed yield components depending on cutting schedule. *Journal radova Sveska.* 45(2): 171-177.
- Keskin, B.; Yilmaz, I.; Zorer, S.; Arvas, O.; Yield Properties of Some Alfalfa Cultivars in East Anatolia Region of Turkey. *Research Journal of Biological Sciences*, 2009, 4(6):720–723.
- Kjeldahl J. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Z Anal Chem.* 1883; 22: 366.
- Lambers H, Martinoia E, Renton M. Plant adaptations to severely phosphorus-impooverished soils. *Curr Opin Plant Biol.* 2015;25:23–31.
- Lemaire, G.; Khaity, M.; Onillon, B.; Allirand, J.; Chartier, M.; Gosse, G. 1992. Dynamics of accumulation and partitioning of N in leaves, stems and roots of lucerne in a dense canopy. *Ann. Bot.* 70, 429-435.
- Lestienne, F., Thornton, B. and Gastal, F. 2006. Impact of defoliation intensity and frequency on N uptake and movilization in *Loliun perenne*. *Journal Experimental Botany.* 997-1006 p.
- Longnecker, N. and Robson, A. 1994. Leaf emergence of spring wheat receiving nitrogen supply at different stages of development. *Annals of Botany.* 1-7 p.

- López, M. J. D., Gutiérrez, P. G. y Berúmen, P. S. 2000. Labranza de conservación usando coberturas de abono orgánico en alfalfa. *Revista Tierra Latinoamericana*.
- Marchegiani, G. J. y O. V. Satorre 1981. Fertilización fosfórica aplicada en líneas y en cobertura en la implantación de una pastura. *Produc. Animal*. 8: 262-269.
- Marino, M. A. & Agnusdei, M. 2004. Conceptos básicos para el manejo de la nutrición nitrogenada y fosfatada de las pasturas. 2ª Jornadas de Actualización Ganadera. INTA Balcarce.
- Marschner H, Kirkby EA, Cakmak I. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. *J Exp Bot*. 1996;47:1255–63.
- Martha Junior, GB; Corsi, M. fertilización nitrogenada en la producción de leche. *Revista Balde blanco, Sao Paulo*, v. 36, no. 433, p. 38-43, Nov. 2000.
- Martin, E. C., D. C. Slack, K. A. Tanksley, and B. Basso. 2006. Effects of fresh and composted dairy manure applications on alfalfa yield and the environment in Arizona. *Agron. J*. 98: 80-84.
- Michaud R., Lehman W. F. and Runbaugh M. D. 1988 World distribution and historical development. In *Alfalfa and alfalfa improvement*. Agronomy Monograph 29, (ed. A. A. Hanson, D. K. Barnes and R. R. Hill), pp. 25–92. Madison, USA. doi : 10.1007 / s12041-007-0008-9
- Mikkelsen, R. 2004. Managing phosphorus for maximum alfalfa yield and quality In: *Proceedings, National Alfalfa Symposium*. UC Cooperative Extension (eds) University of California, San Diego, California, USA.

- Monteros, M. and J. H. Bouton. 2009. The future of alfalfa and forage crops. In: Proceedings, 'Western Alfalfa & Forage Conference', Reno, Nevada, UC Cooperative Extension, Davis, CA. Pp. 1-7.
- Moreno, G. S. y M. L. Talbot W. 2006. Fertilización equilibrada de la alfalfa. Departamento Técnico Stoller. www.stoller.com.ar (Consulta: junio 5, 2016).
- Muslera Pardo, E. y Ratera García C. 1991. Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. 2a Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 674 p.
- Nescier, I. de los M.; Dalla Fontana, L. A. & Prieto, C. 2004. Calidad forrajera de alfalfas inoculadas y fertilizadas. Rev. FAVE- Sección Ciencias veterinarias. ISSN 1666-938X, Vol. 3, N° 1 y 2, 2004. UNL
- Palma-López, D. J.; Salgado-García, S.; Obrador-Olán, J. J.; Trujillo-Narcia, A.; Lagunes-Espinoza, L. C.; Zavala-Cruz, J.; Ruiz-Bello, A. y Carrera-Martel, M. A. 2002. Sistema integrado para recomendar de fertilización en caña de azúcar (SIRDF). Terra. 20:347-358.
- Petit, H.V.; Pesant, A.R.; Barnett, G.M.; Mason, W.N.; Dionne, J.L. 1992. Quality and morphological characteristics of alfalfa as affected by soil moisture, pH and phosphorus fertilization. Can. J. Plant Sci., 72: 147-162.
- Petkova, R.; Stoyanova, A.; Pavlov, D.; Nutritional Value of Grains of Wintering Pea Variety "Peace" in the Light of the Increase Mineral Doses Nitrogen and Growth Regulators, Agricultural Science, Plant Studies, 2009, 1:482–487.
- Picone, L. I.; Zamuner, E.; Berardo, A. Y Marino, M. A. 2003. Phosphorus transformations as affected by sampling date and fertilizer rate, and

- phosphorus uptake in soil under pasture. *Nutrient Cycling Agroecosystems*. 67:225-232.
- Pizzeghello, D., A. Berti, S. Nardi, and F. Morari. 2011. Phosphorous forms and P-sorption properties in three alkaline soils after long-term mineral and manure applications in north-eastern Italy. *Agric. Ecosyst. Environ.* 141:58–66. doi:10.1016/j.agee.2016.08.011
- Popovic, S.; Stjepanovic, M.; Grljusic, S.; Cupic, T.; Tucak, M.; Protein and Fiber Contents in Alfalfa Leaves and Stems. In: *Quality in Lucerne and Medics for Animal Production*, CIHEAM, Options Mediterranees, Serie A, Seminares Mediterraneeness (Ed. I Delgado), 2001, pp. 215–218.
- Quiñonez, A. G., L. A. Dalla F. y A. J. Mollo. 2003. Respuesta de la alfalfa al agregado de fósforo, boro y calcio. *Rev. FAVE. Cienc. Agrar.* 2: 47-54.
- Racca, R.; Collino, D.; Dardanelli, J.; Basigalup, D.; González, N.; Brenzoni, E.; Hein, N. y M. Balzarini. 2001. Contribución de la fijación biológica de nitrógeno a la nutrición nitrogenada de la alfalfa en la región pampeana. INTA.
- Ramírez, L. M. 1974. El cultivo de la alfalfa en México. Dirección General de Extensión Agrícola. Chapingo, México.
- Raun, W.R.; Johnson, G.V.; Phillips, S.B.; Thomason, W.E.; Dennis, J.L.; Cossey, D.A.; Alfalfa Yield Response to Nitrogen Applied After Each Cutting. *Soil Science Society of America Journal*, 1999, 63:1237– 1243.
- Reetz, H. 1980. Phosphorus function in plants. Chapter 2: 5-8. In: *Phosphorus in agriculture*. Ed. Potash & Phosphate Institute.
- Rehm, G.W. 1987. Application of phosphorus and sulfur on irrigated alfalfa. *Agronomy Journal*, 79: 973 - 979.

- Rodríguez, S. F. 1989. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. A. G. T. Editor, S. A. México, D. F. 157 p.
- Romero, O. 1987. La alfalfa alternativa forrajera para la IX región. Requisitos básicos para el establecimiento. Investigación y Progreso Agropecuario. Carillanca (INIA). Temuco Chile, pp:8-11.
- Salas, R. & Cabalceta, G. 2009. Manejo del Sistema Suelo – Pasto: partida para la producción de forrajes. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de costa rica congreso <http://www.proleche.com/recursos/documentos/congreso2009/Manejo-del-sistema-suelo-pasto.pdf>
- Sanderson, M. A. 1993. Maturity and quality of alfalfa as affected by phosphorus fertility. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 24 (19 & 20), 2715-2724.
- Sanderson, M.A. y Jones, R.M. 1993. Stand dynamics and yield components of alfalfa as affected by phosphorus fertility. *Agronomy Journal* 85:241-246.
- Santamaría CJ, Núñez HG, Medina GG, Ruiz JA. Potencial productivo de la alfalfa en México. En: Núñez HG, Chew YIM, Reyes JI, Godina G HJ editores. Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. Libro técnico No. 2. SAGAR. INIFAP. CIRNOC. CELALA. 2000
- Schulze, J. and Drevon, J. J. 2005. P-deficiency increases the O₂ uptake per N₂ reduced in alfalfa. *J. Exp. Bot.* 56:1779-1784.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2008. Producción Agrícola en México. Centro de Estadísticas Agropecuaria. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. <http://www.gob.mx/siap/>

- Sikora, L. J. and N. K. Enkiri. 2003. Availability of poultry litter compost P to fescue compared with triple super phosphate. *Soil Sci.* 168: 192-199.
- Sikora, L. J. and N. K. Enkiri. 2005. Comparison of phosphorus uptake from poultry litter compost with triple superphosphate in codorus soil. *Agron. J.* 97: 668-673.
- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), 2013. SIAP-SAGARPA.http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=286&Itemid=428. Consultado: Julio 2016.
- Soto, P. 2000. Alfalfa en la zona centro sur de Chile. Colección libros INIA N°4 Instituto de Investigación Agropecuaria. Chillán, Chile. 266 pp.
- Teutsch, C. D.; Fike, J.H.; and Tilson, W.M. 2005. Yield, digestibility and nutritive value of crabgrass as impacted by nitrogen fertilization rate and source. *Agronomy Journal*. v. 97, no. 6, p. 1640-1646,
- Tinsdale, S. L.; Nelson, y Werner L.1996. Fertilidad de los suelos y Fertilizantes. Ed. Montaner y Simon S. A. Barcelona, España 750 pp.
- Tisdale, S. L.; Nelson y Werner L. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes: Editorial Hispano americana, (1 edición) México D.F.: UTEHA, 760.
- Tocagni, H. 1980. La alfalfa. Edit. Albatos. Buenos Aires. 141 p.
- Tovar, F. J. 2006. Incremento en invernadero de la cantidad y calidad del follaje de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Florida 77 causado por la combinación de fertilización biológica y química en un suelo de la serie Bermeo de la sabana de Bogotá. *Revista de la Facultad de Ciencias*. Edición especial. 61-72 p.

- Trepachev, E.P.; Agrochemical Aspects of Biological Nitrogen in Modern Agriculture, M., 1999.
- Undersander, D., N. Martin, D. Cosgrove, K. Kelling, M. Schmitt, J. Wedberg, R. Becker, C. Grau, and J. Doll. 1991. Alfalfa management guide. American Society of Agronomy-University of Wisconsin. Madison, WI, EUA. 41p.
- Urbano D., I. Arriojas y C. Dávila. 1995. Efecto de la fertilización en la asociación kikuyo-alfalfa (*Pennisetum clandestinum* y *Medicago sativa*). II. Contenido de proteína y digestibilidad. ZootecniaTropical. 13(2):183-198.
- Vasilev, E.; Productivity of Crude Protein from Lucerne Cultivars (*Medicago sativa* L.) in Mixtures with Perennial Grasses. Plant Science, 2004, 41:449–452.
- Vasileva, V.; Kostov, O.; Vasilev, E.; Athar, M.; Effect of Mineral Nitrogen Fertilization on Growth Characteristics of Lucerne Under Induced Water Deficiency Stress. Pakistan Journal of Botany, 2011, 43:2925–2928.
- Vasileva, V.; Kostov, O.; Vasilev, E.; Development of Lucerne (*Medicago sativa* L.) Treated with Mineral Fertilizer and Manure at Optimal and Water Deficit Conditions. Comm. Appl. Biol. Sci., Ghent University, 2006, 71(4):5–17.
- Veronesi, F., E. C. Brummer and C. Huyghe. 2010. Alfalfa. In: Handbook of plant breeding: Fodder crops and amenity grasses 5 Springer, New York, USA. Pp. 395-437.
- Viliana Vasileva, Ognyan Kostov. 2015. Effect of mineral and organic fertilization on alfalfa forage and soil fertility. Emirates Journal of Food and Agriculture. 27(9): 678-686. doi: 10.9755/ejfa.2015.05.288<http://www.ejfa.me/>

- Viliana Vasileva. 2013. Effect of increasing doses of mineral nitrogen fertilization on chemical composition of lucerne (*Medicago sativa* L.) Under optimum water supply and water deficiency stress. Banats Journal of Biotechnology. IV (7).
- Vivas, H.S. y Guaita, M.S. 1997. Respuesta a la fertilización fosfatada de alfalfa en un año caracterizado por estrés hídrico. Publi.Miscelánea. N184. EEA INTA Rafaela, Santa Fe.
- Vough L. and Decker M. 1992. An alfalfa management program for optimum yields and quality. Better Crops with plant food, 76, 2,24 - 27.
- Werner, J.C. La fertilización de pastos. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1986. 49p.
- Xie H., X. Hu., C.R. Zhang, Y.F. Chen, X. Huang and X. Huang. 2013. Molecular Characterization of a stress-related Gene MsTPP in relation to somatic embryogenesis of Alfalfa. Pak. J. Bot. 45: 1285-1291.
- Yuegao, H. and D. Cash. 2009. Global status and development trends of Alfalfa. In: Alfalfa Management Guide for Ningxia. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome, Pp. 1-14.
- Zuluaga J., Restrepo, L. & Parra, J. 2010. Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. Revista Lasallista de Investigación. 7(2):94-100. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69519014011>.

APÉNDICE

Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable de concentración foliar de nitrógeno primer corte UAAAN UL 2016.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	4	0.94102220	0.23525555	1.63	0.2299
Repetición	3	0.06946495	0.02315498	0.16	0.9208
Error experimental	12	1.73002380	0.14416865		
TOTAL	19	2.74051095			

$R^2 = 0.368722$ C.V= 11.32895 Media= 3.351550

FV=Fuente de variación, **GL**=Grados de libertad, **SC**=Suma de cuadrados, **CM**=Cuadrados medios, **FC**= f calculada, **Pr > F**=Probabilidad del error

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable de concentración foliar de nitrógeno segundo corte UAAAN UL 2016.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	4	0.72995870	0.18248968	0.94	0.4747
Repetición	3	1.09069980	0.36356660	1.87	0.1886
Error experimental	12	2.33412570	0.19451048		
TOTAL	19	4.15478420			

$R^2 = 0.438208$ C.V= 13.09987 Media= 3.366700

FV=Fuente de variación, **GL**=Grados de libertad, **SC**=Suma de cuadrados, **CM**=Cuadrados medios, **FC**= f calculada, **Pr > F**=Probabilidad del error

Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable de concentración foliar de fósforo primer corte UAAAN UL 2016.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	4	0.00108087	0.00027022	0.73	0.5867
Repetición	3	0.00081765	0.00027255	0.74	0.5486
Error experimental	12	0.00442286	0.00036857		
TOTAL	19	0.00632137			
R² = 0.300333		C.V.=7.621968	Media= 0.251880		

FV=Fuente de variación, **GL**=Grados de libertad, **SC**=Suma de cuadrados, **CM**=Cuadrados medios, **FC**= f calculada, **Pr > F**=Probabilidad del error

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable de concentración foliar de fósforo segundo corte UAAAN UL 2016.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	4	0.00846684	0.00211671	0.92	0.4827
Repetición	3	0.03109269	0.01036423	4.52	0.0243
Error experimental	12	0.02754404	0.00229534		
TOTAL	19	0.06710357			
R² = 0.589529		C.V= 8.311014	Media= 0.576460		

FV=Fuente de variación, **GL**=Grados de libertad, **SC**=Suma de cuadrados, **CM**=Cuadrados medios, **FC**= f calculada, **Pr > F**=Probabilidad del error

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable de extracción de nitrógeno primer corte UAAAN UL 2016.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	4	1018.393550	254.598388	0.77	0.5660
Repetición	3	1739.211735	579.737245	1.75	0.2102
Error experimental	12	3976.203090	331.350257		
TOTAL	19	6733.808375			

$R^2 = 0.409516$ C.V= 24.28609 Media= 74.95250

FV=Fuente de variación, **GL**=Grados de libertad, **SC**=Suma de cuadrados, **CM**=Cuadrados medios, **FC**= f calculada, **Pr > F**=Probabilidad del error

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable de extracción de nitrógeno segundo corte UAAAN UL 2016.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	4	519.1411800	129.7852950	1.15	0.3806
Repetición	3	505.1921200	168.3973733	1.49	0.2671
Error experimental	12	1356.256780	113.021398		
TOTAL	19	2380.590080			

$R^2 = 0.430285$ C.V= 25.17679 Media= 42.22600

FV=Fuente de variación, **GL**=Grados de libertad, **SC**=Suma de cuadrados, **CM**=Cuadrados medios, **FC**= f calculada, **Pr > F**=Probabilidad del error

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable de extracción de fósforo primer corte UAAAN UL 2016.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	4	5.80432000	1.45108000	1.38	0.2978
Repetición	3	8.98433500	2.99477833	2.85	0.0818
Error experimental	12	12.59924000	1.04993667		
TOTAL	19	27.38789500			
<hr/>					
$R^2 = 0.539970$	$C.V = 18.26333$	$Media = 5.610500$			

FV=Fuente de variación, **GL**=Grados de libertad, **SC**=Suma de cuadrados, **CM**=Cuadrados medios, **FC**= f calculada, **Pr > F**=Probabilidad del error

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable de extracción de fósforo segundo corte UAAAN UL 2016.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	4	10.37682000	2.59420500	0.84	0.5240
Repetición	3	17.39825500	5.79941833	1.89	0.1859
Error experimental	12	36.91282000	3.07606833		
TOTAL	19	64.68789500			
<hr/>					
$R^2 = 0.429371$	$C.V = 24.17301$	$Media = 7.255500$			

FV=Fuente de variación, **GL**=Grados de libertad, **SC**=Suma de cuadrados, **CM**=Cuadrados medios, **FC**= f calculada, **Pr > F**=Probabilidad del error

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable de proteína en el forraje del cultivo de alfalfa primer corte UAAAN UL 2016.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	4	36.70200000	9.17550000	1.63	0.2298
Repetición	3	2.60550000	0.86850000	0.15	0.9248
Error experimental	12	67.4620000	5.6218333		
TOTAL	19	106.7695000			

$R^2 = 0.368153$ C.V= 11.32032 Media= 20.94500

FV=Fuente de variación, **GL**=Grados de libertad, **SC**=Suma de cuadrados, **CM**=Cuadrados medios, **FC**= f calculada, **Pr > F**=Probabilidad del error

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable de proteína en el forraje del cultivo de alfalfa segundo corte UAAAN UL 2016.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	4	28.63300000	7.15825000	0.95	0.4707
Repetición	3	43.24800000	14.41600000	1.91	0.1825
Error experimental	12	90.7670000	7.5639167		
TOTAL	19	162.6480000			

$R^2 = 0.441942$ C.V= 13.07157 Media= 21.04000

FV=Fuente de variación, **GL**=Grados de libertad, **SC**=Suma de cuadrados, **CM**=Cuadrados medios, **FC**= f calculada, **Pr > F**=Probabilidad del error