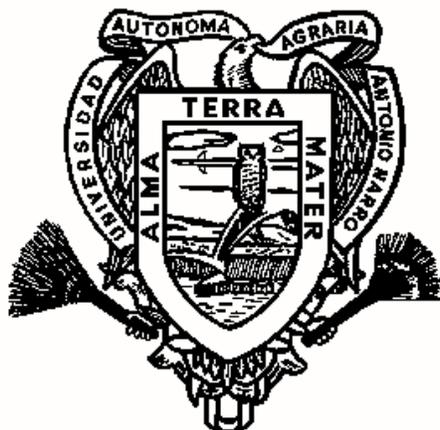


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base a análisis de
suelo y planta.**

**POR
HERIBERTO MORALES SANTIAGO**

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO GENERAL**

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base a análisis de
suelo y planta

POR
HERIBERTO MORALES SANTIAGO

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO GENERAL

APROBADA POR

PRESIDENTE:


DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL:


DR. MARIO GARCÍA CARILLO

VOCAL:


DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ AGÜERO

VOCAL SUPLENTE:


ING. RUBÉN LÓPEZ TOVAR


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERA AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2016



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base a análisis de
suelo y planta

POR
HERIBERTO MORALES SANTIAGO

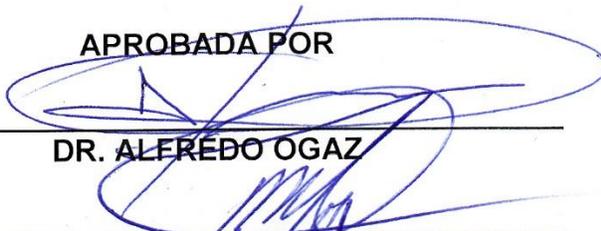
TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO GENERAL

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:


DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR:


DR. MARIO GARCÍA CARILLO

ASESOR:


DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ AGÜERO

ASESOR:


ING. RUBÉN LÓPEZ TOVAR


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERA AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2016



AGRADECIMIENTOS

A mis padres **Tomas Morales García** y **Dominga María Santiago Bartolo** por haber dado la vida en este mundo y apoyarme incondicionalmente con tus sus esfuerzos de ellos para obtener un logro tan grande de formar parte de o como profesionista. También a mis queridos **hermanos** Fabián morales Santiago, Gabriel morales Santiago y mi **hermana** carolina morales Santiago que forman parte de mi familia.

A mi abuela **Valeria García** por el consejo que me daba para obtener o formar como profesionista y a mi tío **Sergio García morales** que siempre me brindaba con apoyo.

Al Dr. Alfredo Ogaz por permitirme ser parte de su proyecto de poder realizar la tesis para obtener el título.

A mi alma tierra mater por aceptarme ser parte de ella y dándome una formación o parte del profesionalismo.

Al **ingeniero isidro miguel cruz** por brindarme su apoyo en hospedaje al llegar en la comarca lagunera como estudiante y al **ingeniero Alberto miguel cruz**.

DEDICATORIA

A mis padres Tomas Morales García y Dominga María Santiago por la confianza que obtuvieron durante todo el proceso de terminar la carrera y el apoyo que me brindaron todo ese tiempo.

A mis hermanos Fabián Morales Santiago y Gabriel Morales Santiago quienes los estimo mucho.

A mi hermana Carolina Morales Santiago a quien la quiero mucho.

A mi abuela Valeria García por ser mi segunda padre y madre por estar pendiente de mí cuando la necesito.

A mi bisabuela por ser mi tercera madre que por siempre la estimo y quiero mucho.

A toda mi familia que gracia a cada uno de ellos por el consejo que me brindaron apoyos mil gracias los que siguen estando conmigo y a los que estuvieron.

RESUMEN

El cultivo de alfalfa (*Medicago sativa L.*) es uno de los forrajes más importantes a nivel mundial, nacional y regional para el consumo de ganado lechero. La fertilización de la alfalfa para alto rendimiento debe considerar el conocimiento de las características físicas y químicas del suelo y la concentración de nutrimentos. La presente investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicado en Torreón Coahuila. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos de fertilización, que consistieron en: N_{10kg} P_{50kg} K_{50kg} Mg_{30kg}; N_{21kg} P_{100kg} K_{100kg} Mg_{45kg}; N_{32kg} P_{150kg} K_{150kg} Mg_{60kg}; N_{42kg} P_{200kg} K_{200kg} Mg_{75kg}; y un testigo N_{0kg} P_{0kg} K_{0kg} Mg_{0kg}. La aplicación de fertilizante fue al voleo después del corte en una sola aplicación. Se realizaron tres cortes. Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de tallos por planta, rendimiento de forraje verde, porcentaje de materia seca, y rendimiento de materia seca. No se encontró diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilización en ninguna de las variables. Los tratamientos de fertilización obtuvieron 17.54, 4.05, y 16.11 por ciento más de rendimiento de forraje verde, por ciento de materia seca y rendimiento de materia seca, que el tratamiento sin fertilización.

Palabras clave: *medicago sativa L.* fertilización, rendimiento y materia seca.

INDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
RESUMEN	V
1. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Importancia de la alfalfa	3
2.2 Nutrientes de la alfalfa	5
2.3 Fijación biológica de nitrógeno por la alfalfa	6
2.4 Fertilización nitrogenada de alfalfa	7
2.5 Fósforo	8
2.5.1 Dosis de aplicación de fósforo	9
2.5.2 Respuesta de fertilización en fósforo	9
2.6 Potasio	10
2.6.1 Dosis de aplicación de potasio al suelo	11
2.7 calcio y magnesio	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1 Preparación del terreno	13
3.2 Siembra	13
3.3 Fertilización	13
3.4 Riego	14
3.5 Cosecha	14
3.6 Diseño	14
3.7 Variables respuestas	15
3.8 Análisis estadístico	16
4. RESULTADOS	16
4.1 Característica química del suelo en el área experimental	16
4.2 Alturas de plantas y números de tallos	17

4.3 Rendimiento de forraje verde por hectárea	20
4.4 Porcentaje de materia seca	23
4.5 Rendimiento de materia seca por hectárea	26
5. DISCUSIÓN	30
5.1 Alturas de planta y números de tallos	30
5.2 Rendimiento de forraje verde por hectárea	30
5.3 porcentaje de materia seca	31
5.4 Rendimiento de materia seca por hectárea	32
6. CONCLUSION	33
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS	34
8. APÉNDICE	42

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1 Principales productores de alfalfa (<i>Medicago sativa L.</i>) en México Tomado de SIAP, 2015.	5
Cuadro 2 Fechas y lamina de riego	14
Cuadro 3 Tratamiento de fertilización	15
Cuadro 4 Característica de suelo del área experimental	16

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Altura de planta del primer corte	17
Figura 2	Numero de tallo del primer corte	18
Figura 3	Altura de planta del segundo corte	19
Figura 4	Numero de tallo del segundo corte	20
Figura 5	Rendimiento de forraje verde del primer corte	21
Figura 6	Rendimiento de forraje verde del segundo corte	22
Figura 7	Rendimiento de forraje verde del tercer corte	23
Figura 8	Porcentaje de materia seca del primer corte	24
Figura 9	Porcentaje de materia seca del segundo corte	25
Figura 10	Porcentaje de materia seca del tercer corte	26
Figura 11	Rendimiento de materia seca del primer corte	27
Figura 12	Rendimiento de materia seca del segundo corte	28
Figura 13	Rendimiento de materia seca del tercer corte	29

1. INTRODUCCION

La alfalfa, es la leguminosa forrajera, que más se utiliza a nivel mundial en la alimentación del ganado lechero, (Bouton, 2001)., en México la superficie de alfalfa alcanzo 386,703 hectárea, con un rendimiento medio del forraje verde de 84.75 (22 de materia seca) $t\ ha^{-1}$ por año .La Comarca Lagunera es la cuenca lechera más importante de México y cuenta con 400.000 mil cabezas de ganado vacuno dedicados a la producción de leche (Godoy *et al.*, 2003 ; Salazar *et al.*, 2007) siendo la alfalfa el forraje principal para la alimentación del ganado (Vázquez *et al.*, 2010).

El rendimiento promedio de forraje verde de alfalfa en Coahuila es de 75.57 (19.64 de materia seca) $t\ ha^{-1}$ por año que corresponde a 1.63 $t\ ha^{-1}$ por corte de materia seca., y el máximo rendimiento lo tiene Baja California Sur con de 145.81 de forraje verde (37.91 de materia seca) $t\ ha^{-1}$ por año que corresponde a 3.15 $t\ ha^{-1}$ por corte de materia seca (SIAP, 2015). En la Comarca Lagunera, Godoy *et al.* (2003) obtuvo un rendimiento máximo de 3.35 $t\ ha^{-1}$ en el corte de materia seca, con fertilización inorgánica y riego sub superficial con cintilla, mientras que Vázquez *et al.* (2010) obtuvo rendimiento de 4.3 $t\ ha^{-1}$ en el corte de materia seca, fertilizado con estiércol y riego sub superficial con cintilla. De acuerdo lo anterior existe potencial para incrementar el rendimiento promedio de materia seca de 1.63 a 4.3 $t\ ha^{-1}$ por corte.

Una alternativa para incrementar el rendimiento de alfalfa es por medio de la nutrición adecuada del cultivo. En la Comarca Lagunera los suelos son del tipo

calcáreo y con poca disponibilidad de nutrientes (Figuroa *et al.*, 2002). La poca disponibilidad de nutrientes disminuye la capacidad productiva del cultivo (Vázquez *et al.*, 2010). La fertilización es una opción para proveer los nutrientes deficientes. La fertilización del alfalfa para alto rendimiento debe considerar el conocimiento de las características físicas y químicas del suelo y la concentración de nutrientes., el análisis de suelo es una herramienta útil para determinar los niveles de estos factores con el propósito de adicionar los nutrientes faltantes. De la misma manera se puede recurrir a la herramienta análisis de tejido foliar del cultivo para conocer la absorción efectiva de los nutrientes aplicados (INIFAP, 2000). Vázquez *et al.* (2010) menciona que en esta región una gran cantidad de productores no fertilizan, mientras que otros fertilizan en demasía, lo anterior debido al desconocimiento de los requerimientos del cultivo para esta región.

La alfalfa necesita absorber elementos mayores y elementos menores para un buen desarrollo (Ramírez, 1974), Este cultivo llega a fijar hasta 463 kg de nitrógeno atmosférico por hectárea y año, (Vence *et al.*, 1988). Las leguminosas como la alfalfa sólo necesitan de 20 a 60 kg por ha⁻¹ 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 (Rodríguez, 1989). El fósforo (P) influye de manera importante en el crecimiento de la alfalfa, 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 P (Berrada y Westfall, 2005).

El potasio es el elemento mineral clave para la obtención de máximo rendimiento y calidad en alfalfa. Si el potasio no se encuentra presente en cantidades adecuadas, el alfalfar rápidamente se degrada y es remplazado por malezas. (Moreno y Talbot, 2010).

El magnesio es esencial para la fotosíntesis, forma parte de la molécula de clorofila y activa muchos sistemas enzimáticos, así como el metabolismo del nitrógeno. (Moreno y Talbot, 2010).

1.1 Objetivo

Determinar el crecimiento y rendimiento de alfalfa (*Medicago Sativa L.*) bajo diferente dosis de fertilización inorgánica.

1.2 Hipótesis

El rendimiento y el crecimiento de la alfalfa se incrementan al aumentar la dosis de fertilización inorgánica.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de la alfalfa.

La alfalfa, es una leguminosa forrajera, más utilizada a nivel mundial en la alimentación del ganado lechero, con aproximadamente 32, 000,000 ha cultivadas: Estados Unidos y Argentina tiene la mayor superficie sembrada con 16 millones de ha. La introducción de esta especie al continente americano se realizó primero en la región sur (Argentina, Chile, Perú y México) donde fue llevada por los conquistadores (Bouton, 2001).

A nivel nacional, los cultivos forrajeros con mayor participación en el rubro económico, son las avenas forrajeras con 942 mil has y con un valor económico de \$ 2,604 por tonelada. Por su parte, la alfalfa participa con 387 mil has con un valor económico de 2,604 por tonelada (Álvarez, 2013).

En México la alfalfa (*Medicago sativa L.*) es uno de los cultivos forrajeros importantes en la alimentación del ganado lechero, debido a su alto rendimiento de materia seca, alto contenido de proteína y aceptable digestibilidad. Esta especie es sumamente versátil, ya que puede ser cosechada en verde, apacentada, henificada o ensilada (Álvarez, 2013), (Cadena, 2009). Los principales estados productores a nivel nacional se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Principales productores de alfalfa (*Medicago sativa L.*) en México (Tomado de SIAP, 2015), en crecimiento y rendimiento de alfalfa con

**fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México
UAAAN-UL 2016.**

Estados	Superficie sembrada ha ⁻¹	Forraje verde t ha ⁻¹ año
Chihuahua	83,851	84.87
Hidalgo	46,846	95.85
Durango	29,900	88.1
Coahuila	22,201	75.57
San Luis potosí	14,744	118
Aguascalientes	5,631	91.05
Baja california sur	3,615	145.81

En la Comarca Lagunera a principios de los años noventa se cultivaban aproximadamente 22,000 ha de alfalfa y, para el 2006 45,000, ha para alimentar más de 400 mil cabezas de ganado lechero de la región (SAGARPA, 2006).

2.2 Nutrientes de la alfalfa.

Dentro de los elementos esenciales para las plantas, además del carbono (C, que Constituye el 40-45% del peso seco de la planta), oxígeno (O, también un 40 - 45%) e hidrógeno (H, 5%), están los elementos con los cuales tenemos que enfrentarnos para manejar los distintos sistemas de producción agronómica: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), azufre (S), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl), sílice (Si) y cobalto (Co). Éstos representan alrededor del 5% del peso seco total de

una planta, y son precisamente los que se determinan en el análisis de planta (Barbazán, 1998).

Los nutrimentos que requieren ser adicionados en el cultivo de alfalfa regularmente son nitrógeno (N) y fósforo (P) y ocasionalmente potasio (K) azufre (S) algunos micronutrientes como el hierro (Fe) manganeso (Mn) y zinc (Zn) (Cortes et al., 2003).

2.3 Fijación biológica de nitrógeno por la alfalfa.

De entre todas las leguminosas sobresale la alfalfa por su elevada capacidad productiva de forraje, la cual llega a fijar hasta 463 kg de nitrógeno atmosférico por hectárea y año, que utiliza en su mayor parte para la producción de proteína propia (Vance et al., 1988). El cultivo de la alfalfa tiene la propiedad de incrementar el contenido de nitrógeno en el suelo una vez que el cultivo ha llegado al final de su etapa productiva. La liberación de este nitrógeno dejado en el suelo por las coronas, raíces y restos de cosecha es lenta y se produce a lo largo de los años siguientes al enterrado. (Vance *et al*, 1988). Justes *et al*, (2001) Indican que solamente el 25 % del nitrógeno aportado por los restos de la cosecha se mineraliza en el año que sigue al levantamiento del alfalfar.

La alfalfa se considera un cultivo “depurador” del nitrógeno del suelo. Tiene un sistema radicular profundo que puede llegar, si el suelo lo permite, a 1,5 a 2 m y es capaz de extraer nitrógeno del suelo en cantidades elevadas. Como se ha comentado anteriormente, si hay nitrógeno disponible en el suelo, la proporción de nitrógeno fijado simbióticamente por la alfalfa disminuirá ya que ésta utiliza

preferentemente el N presente en el suelo. Por ello, la alfalfa se puede considerar también como un cultivo captador del exceso de nitratos del suelo (Delgado y Muñoz, 2005).

En alfalfa existe un gran número de evidencias experimentales dirigidas hacia el mejoramiento de la capacidad de fijación de nitrógeno, demostrando que esta capacidad de fijar nitrógeno es una perspectiva fisiológica para aumentar la producción de alfalfa, además de que este proceso metabólico puede ser modificado por interacciones morfológicas y fisiológicas, siendo afectadas por el medio ambiente y las etapas de desarrollo de la planta (Heichel *et al.*, Heichel 1981; 1982).

La alfalfa presenta una alta extracción de nutrientes del suelo, a excepción del nitrógeno, hecho que determina que la fertilización debe ser aplicada en forma balanceada y en altas dosis de elementos por unidades de superficie (Acuña *et al.*, 1991).

2.4 Fertilización nitrogenada de alfalfa.

La fertilización nitrogenada de la alfalfa es una práctica cuestionada generalmente en los alfalfares establecidos, porque la planta asimila el nitrógeno atmosférico que la bacteria *Rhizobium meliloti* fija simbióticamente en los nódulos formados en sus raíces y el abonado nitrogenado no mejora la producción anual de forraje o lo hace de una forma no rentable (Lee y Smith, 1972).

El mayor aporte de N en la agricultura se da a través de la adición de fertilizantes nitrogenados, el cual se obtiene por síntesis química y es adicionado en forma de nitratos, urea, sales de amonio etc. (Black, 1975).

2.5. Fósforo

En cuanto al fósforo es un elemento importante para el logro de incremento en la producción y aprovechamiento del nitrógeno por parte de la planta; por otro lado, algunos autores han demostrado que el potasio y elementos menores son esenciales para el crecimiento vigoroso de la alfalfa (Langer M, 1981).

El fósforo juega un papel importante en varias funciones fisiológicas de la alfalfa, puesto que, estimula el crecimiento radicular, favorece y regula los procesos generativos, actúa en procesos de síntesis vegetal y regula la asimilación y utilización nitrogenada por la planta (Del Pozo, 1983; Claro, 1993).

Duarte (2010) señala que la fertilización inicial arrancadora de la alfalfa está asociada básicamente al uso de fuentes fosforada de rápida disponibilidad, la velocidad de liberación del fósforo a partir de la base sólida del suelo es, a veces menor a la capacidad de absorción de las raíces. Ante lo cual las plantas pueden sufrir deficiencias. La fertilización con fósforo de rápida disponibilidad hace crecer abruptamente su cantidad en solución y ayuda al mejor crecimiento inicial del cultivo.

2.5.1 Dosis de aplicación de fósforo.

La dosis mínima de fósforo necesaria para un buen establecimiento fluctúa entre 120 y 150 kilos de P_2O_5 ha^{-1} , dependiendo del nivel de fósforo en el suelo. Se recomienda aplicar este elemento en línea bajo las semillas, como superfosfato normal. En la gran mayoría de los casos, los suelos tienen nivel bajo a muy bajo de fósforo disponible, por lo cual no se puede obviar la aplicación de este elemento en dosis alta. Lo más deseable es incorporar el máximo posible de fósforo al suelo al momento de la siembra, ya que en los años siguientes, este solo puede ser distribuido en superficie (Acuña, 1992).

Un buen desarrollo se obtiene por la aplicación de $255\text{ kg } ha^{-1}$ de superfosfato simple, directamente debajo de la semilla de siembra, de 2.5 a 5.0 cm. Esta aplicación promueve el crecimiento rápido, hasta que el cultivo tiene un sistema radicular suficiente para usar el fósforo aplicando al voleo y mezclado con el suelo (Cooke, 1984).

2.5.2 Respuesta de fertilización en fósforo.

La respuesta a fósforo en producción de materia seca, se puede observar que se tiene solo alrededor de un 10% más de producción por la aplicación de fósforo y que la máxima diferencia se da entre 0 y $150\text{ kg } ha^{-1}$ de superfosfato triple, a pesar que la tendencia es a un incremento lineal (constante) entre 0 y $600\text{ kg } ha^{-1}$. (Acuña, 1992).

En el caso de fósforo, experimentos realizados en la zona indican que el contenido disponible en el suelo (0-10 cm), en un alfalfar en producción baja de 7 a 3 ppm, en un periodo de 4 años, cuando no se fertilizan con este elemento y que este valor se mantiene cuando se aplica 150 kg ha^{-1} al año de superfosfato triple. Al aplicar dosis mayores, 300 y 600 kg ha^{-1} , el fósforo subió a 12 y 29 ppm, respectivamente. Sin embargo, en los estratos inferiores del suelo, más allá de 10 cm de profundidad, el fósforo se incrementó muy levemente (Acuña, 1992).

Al respecto, la eficiencia de uso del agua del cultivo de alfalfa en el primer año fue próxima a 11 kg MS/mm de lluvia para los tratamientos sin aplicación de P y cercana a 13 kg MS/mm para los tratamientos fertilizados, sin encontrarse diferencias entre PS y PP. Estas eficiencias fueron menores a las establecidas en trabajos locales previos, con valores promedio para cuatro años de evaluación de $14,5$ y $23,4 \text{ kg MS/mm}$ para P0 y P100, respectivamente (Berardo y Marino, 2000).

Los nutrientes limitantes para la producción de la alfalfa en los suelos de la zona central-este de santa fe, Argentina, son en orden de importancia: el fosforo (P), el calcio (Ca) y el azufre (S) (Fontanetto et al., 2004: 2008: 2009: Gambaudo et al., 1998, 2001; 2007 a; 2007 b; Vivas y Quaino, 2000).

2.6 Potasio

El K actúa como catalizador y regulador de las funciones fisiológicas básicas de la planta, por lo que favorece la sanidad y resistencia a enfermedades de la misma. Así, aumenta la resistencia a la sequía y a las heladas, a enfermedades criptogámicas y, juntamente con el fósforo, favorece el desarrollo radical, sin

embargo, no es necesario suministrarlo ya que se encuentra disponible en la mayoría de los suelos de México (Del Pozo, 1983; Claro, 1993).

Es muy conocido el consumo de lujo de potasio por parte de la alfalfa (la alfalfa extrae más potasio del necesario sin aumentar la producción) (Lanyon y Smith, 1985; Lanyon y Griffith, 1988).

El fertilizante potásico, necesario en suelos con contenido medio a bajo, se recomienda aplicarlo uno o dos meses después de la siembra (septiembre-octubre). Del mismo modo, las plantas extraen potasio en gran cantidad, especialmente en el caso de la alfalfa dedicada a cosecha de forraje, es necesario retornar al suelo este elemento a la forma de fertilizantes químicos para asegurar una producción sostenida (Acuña 1992).

2.6.1 Dosis de aplicación de potasio al suelo.

En el caso de potasio del suelo 0-10 cm bajaron de 350 a 26 ppm, después de cuatro años de producción, cuando no se aplicó potasio de mantención también mostraron una fuerte baja cuando se aplicó este elemento, como se puede ver los rendimientos no decrecieron proporcionalmente, como puede deducirse del balance de potasio que se presenta. Este balance indica que las cantidades de potasio extraídas son muy altas, el suelo fue capaz de aportar este elemento, durante cuatro años, aun sin recibir fertilizantes y no se afectó la producción. Debido a los bajos niveles en el suelo, en la temporada siguiente se cuadruplico las dosis anuales de potasio con lo cual se logró elevar los contenidos de este elemento, pero no hubo respuesta en rendimiento. Esta baja respuesta, al igual que en el caso de fosforo,

estaría relacionado con la profundidad de arraigamiento de esta planta ya que no se observó relación entre ellas (Acuña 1992).

2.7 Calcio y Magnesio

La alfalfa por pertenecer a la familia de las fabáceas hace una notable consumo de Ca y Mg, de contenerlos el suelo en proporciones suficiente para el requerimiento de la planta, hace necesario solamente el agregar fertilizantes, fosfatados y potásicos (Juncafresca, 1983).

En la comarca lagunera Vázquez *et al.*, (2010) en un experimento de alfalfa con riego por goteo obtuvo un rendimiento de 2.6 t ha⁻¹ corte de materia seca con fertilización orgánica con 100 kg de N y 150 kg de P, en experimento similar Godoy *et al.*, (2003) obtuvo rendimiento de 2.58 t de materias secas t ha⁻¹ corte con riego por inundación y fertilización inorgánica con 20 kg de fosforo y 20 kg de potasio por ha⁻¹corte.

3. MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó en el campo experimental de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ubicado en Torreón Coahuila con su respectiva coordenada de longitud 103° 25´ 57” oeste del meridiano de Greenwich y 25° 31´ 11” de latitud norte con una altura de 1,123 msnm.

3.1 Preparación del terreno.

El terreno fue preparado con labor de subsuelo, barbecho, rastreo y se anivelo con rayo láser, la superficie de la melga es 19 metros de ancho y de largo 146 metros.

3.2 Siembra.

Para la siembra del (*Medicago sativa L.*) se utilizó la sembradora brillion con su respectiva nivelación para semillas. La variedad utilizada fue SW10, densidad de semilla es de 40 kilogramos por ha⁻¹ y la fecha de siembra fue 12 de diciembre del año 2014.

3.3 Fertilización.

Para la determinación de las dosis de fertilización se realizó un análisis de suelo en el área de estudio para determinar la concentración de nutrimentos y las características físicas y químicas del suelo. En base al contenido de nutrimentos en el suelo y a la demanda de nutrientes del cultivo de la alfalfa para producir una tonelada de materia seca y a una meta de rendimiento en función del potencial productivo del cultivo en área de estudio se determinó las dosis de fertilización a evaluar. Para completar la dosis de fertilización de cada tratamiento se utilizaran fertilizantes inorgánicos. Los tratamientos de fertilización se aplicaran en banda sobre el suelo después del corte y antes del riego, en una sola aplicación.

3.4 Riego.

Se realizó un riego después de cada corte por el método de riego por gravedad. En el cuadro 2 se presenta las fechas de corte, riego y láminas de riego.

Cuadro 2. Fechas y lamina de riego en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

Fecha de corte	Riego	Lamina de riego (cm)
22/09/2015	29/09/2015	15
10/11/2015	18/10/2015	15
18/03/2016	26/03/2016	15

3.5 Cosecha.

Para evaluar las respuestas de los tratamientos de fertilización se medirán el rendimiento de forraje verde, forraje seco, % de materia seca, altura de planta al cosechar con 10% de floración. Se determinara el rendimiento en una superficie de 3 cuadros de un m² determinamos al azar dentro de la unidad experimental.

3.6 Diseño.

El diseño del experimento fue en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, cuatro tratamientos de fertilización y un testigo, cada una de las parcelas consistió de 10 metros de largo y 3 metros de ancho, la parcela útil consistió de tres cuadros de un m² dentro de la parcela experimental seleccionados al azar.

En el cuadro 3 se muestra los tratamientos de fertilización evaluados. Las fuentes de fertilizantes que se utilizaron para proporcionar las dosis de fertilización fueron de fosfato mono amónico (11-52-00) cloruro de potasio (00-00-62), sulfato de magnesio (00-00-00-16).

A todo las tratamientos se les agrego 250 kilos Ha de yeso agrícola, 20 kilos Ha de sulfato de zinc, 10 kilos por Ha de sulfato de cobre y 3 kilos por Ha de ácido bórico.

Cuadro 3. Tratamiento de fertilización en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

Tratamiento	N ₂ Kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ Kg ha ⁻¹	K ₂ O Kg ha ⁻¹	MgO Kg ha ⁻¹
1	10	50	50	30
2	21	100	100	45
3	32	150	150	60
4	42	200	200	75
Testigo	0	0	0	0

3.7 Variables respuestas.

Se determinó la altura de planta, numero de tallos por planta, densidad de plantas por metro cuadrado, rendimiento de forraje verde, rendimiento de forraje seco y por ciento de materia seca.

3.8 Análisis estadístico.

Los datos de las variables repuestas se analizaron por el método de análisis de varianza y cuando hubo diferencias estadísticas entre tratamientos se utilizó el método de comparación de medias de tratamiento de diferencia mínima significativa al 0.05 de probabilidad de error.

4. RESULTADOS

4.1 Características químicas de suelo en el área experimental.

En el cuadro cuatro se presentan los resultados obtenidos en la característica química de suelo del área experimental.

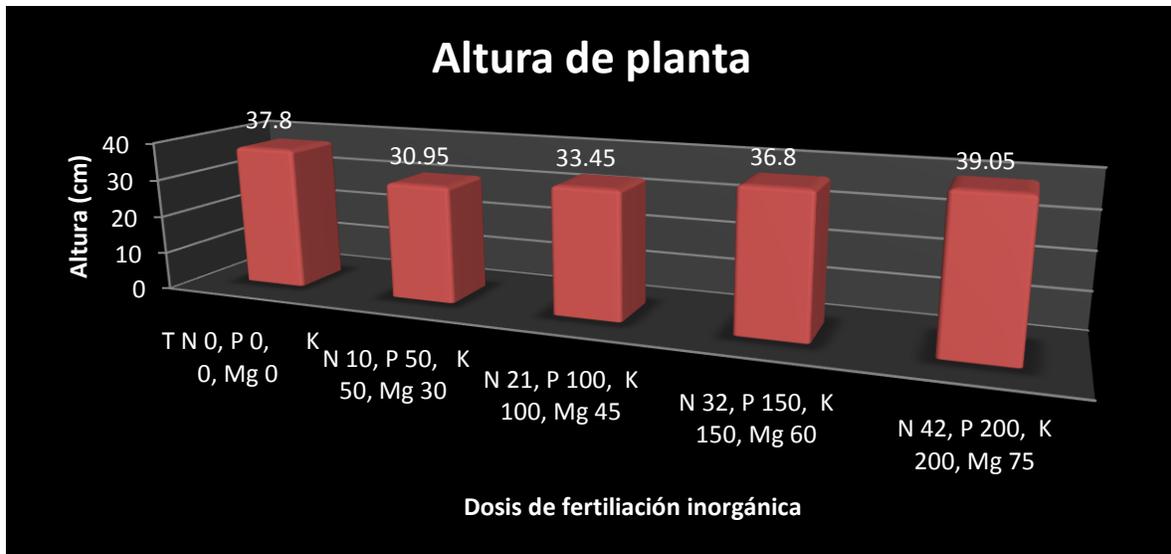
Cuadro 4. Característica de suelo del área experimental en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

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

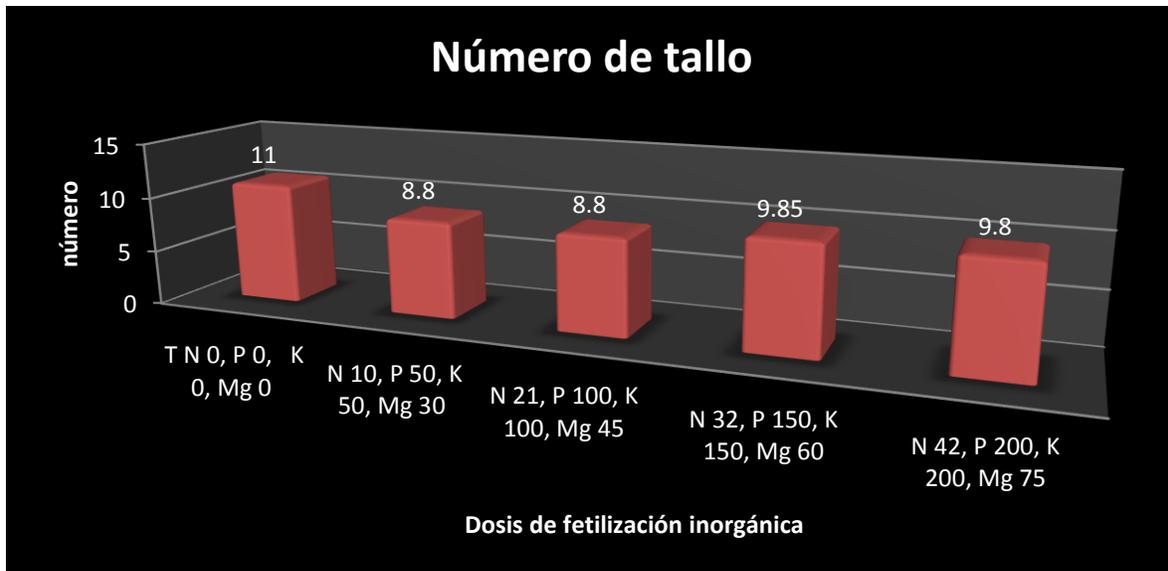
4.2 Altura de planta y números de tallos.

En la gráfica 1 se muestra altura de planta, en el cual la altura mayor lo obtuvo el tratamiento de N₄₂ P₂₀₀ K₂₀₀ Mg₇₅, en comparación con el testigo el aumento fue 1.03 por ciento de altura de planta del primer corte.



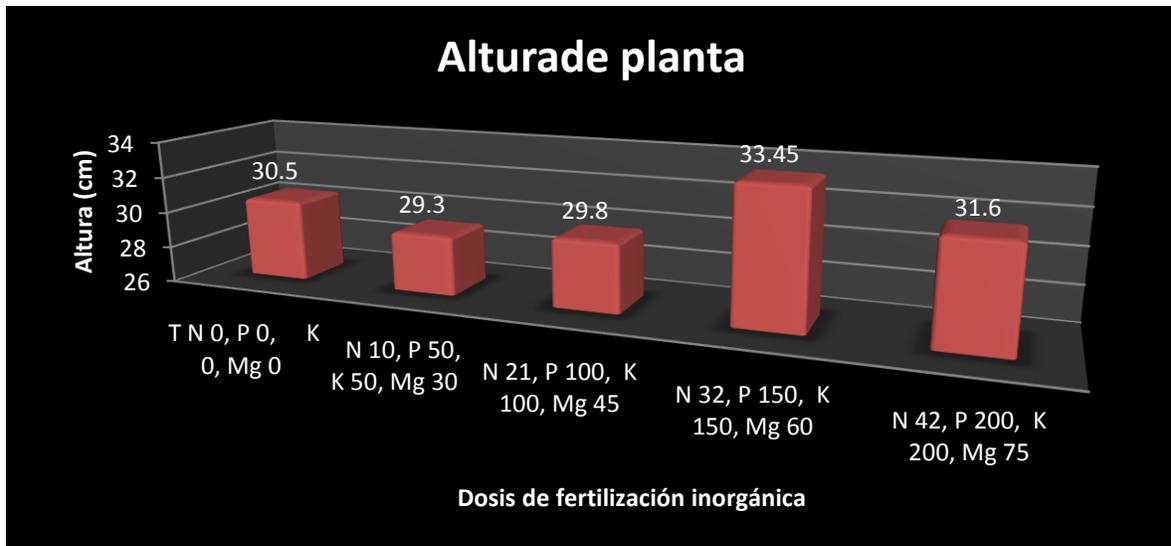
Grafica 1. Altura de planta del primer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

En la gráfica 2 se muestra número de tallos en la cual el testigo aumento el 10.5 por ciento de número de tallos comparación de la dosis N₃₂ P₁₅₀ K₁₅₀ Mg₆₀ del primer corte.



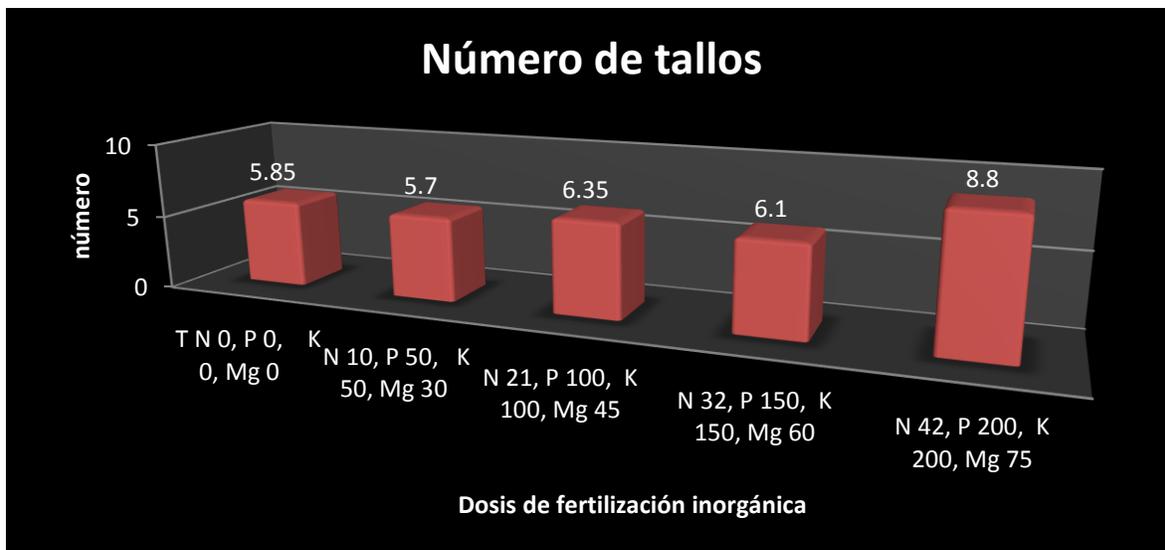
Grafica 2. Número de tallo del primer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

En la gráfica 3 se muestra altura de plantas en el cual la altura mayor lo obtuvo el tratamiento de N₃₂ P₁₅₀ K₁₅₀ Mg₆₀, en comparación con el testigo el aumento fue 8.9 por ciento de altura de planta del segundo corte.



Grafica 3. Altura de planta del segundo corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

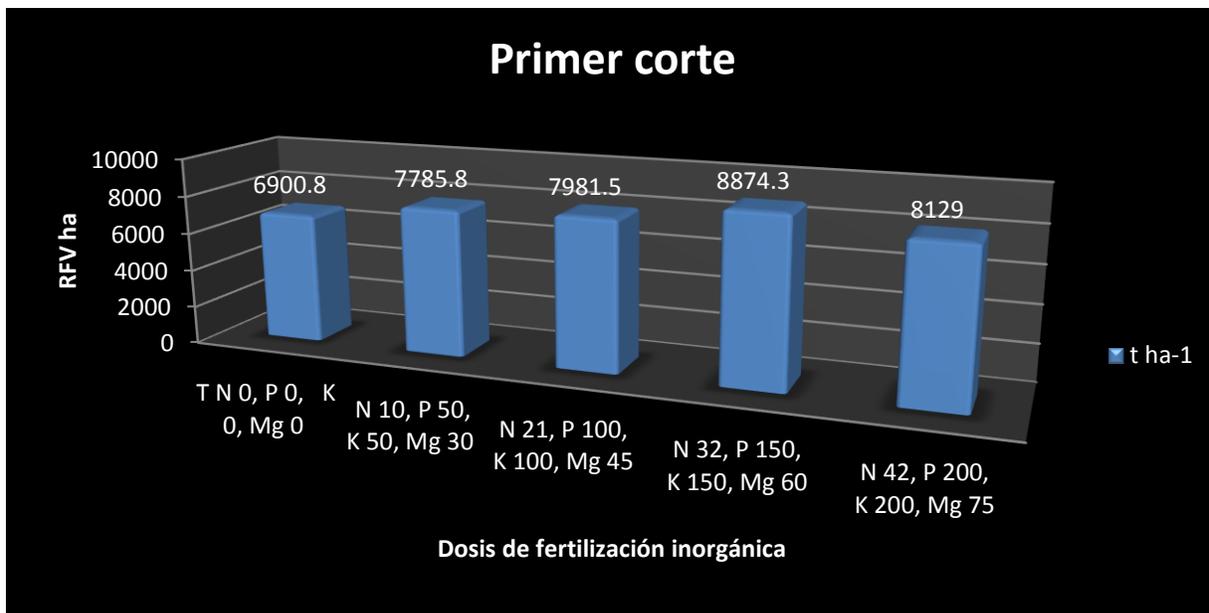
En la gráfica 4 se muestra número de tallos en la cual la dosis $N_{42} P_{200} K_{200} Mg_{75}$ aumento el 33.53 por ciento de número de tallos comparación con el testigo del segundo corte.



Grafica 4. Número de tallo del segundo corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

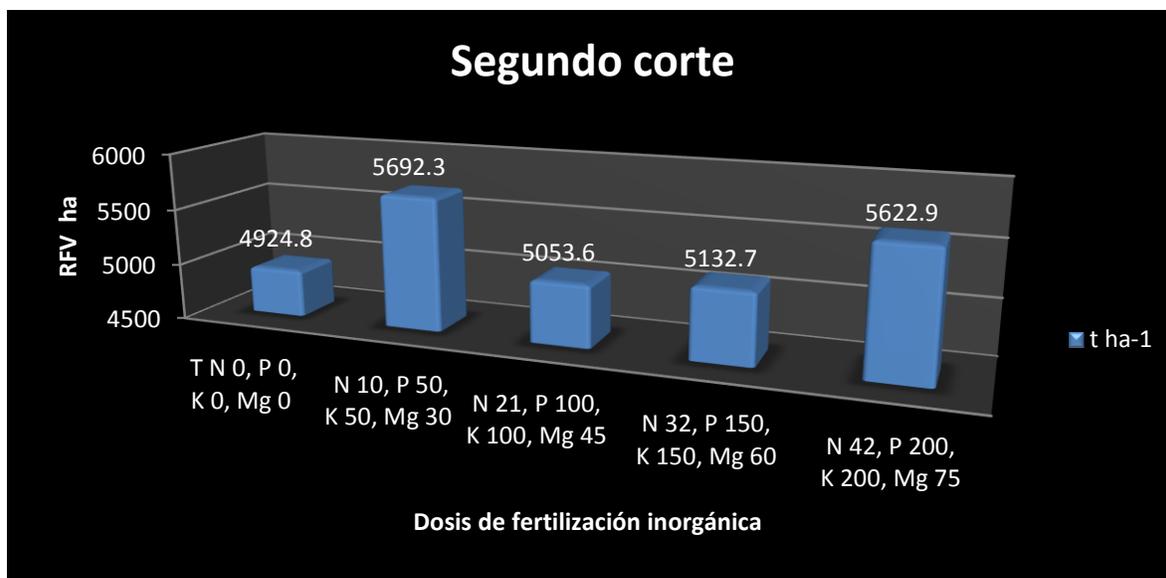
4.3 Rendimiento de forraje verde por hectárea.

En el rendimiento de forraje verde por hectárea del primer corte no se encontró diferencias significativas para las dosis de fertilización. Se observa en la gráfica 1 que el tratamiento de fertilización $N_{32} P_{150} K_{150} Mg_{60}$ obtuvo un rendimiento de forraje verde de $8874.3 \text{ kg ha}^{-1}$, mientras que el tratamiento $N_0 P_0 K_0 Mg_0$ obtuvo $6900.8 \text{ kg ha}^{-1}$. Se puede observar que la dosis de $N_{32} P_{150} K_{150} Mg_{60}$ obtuvo un 22.24 por ciento más de rendimiento que la dosis de $N_0 P_0 K_0 Mg_0$.



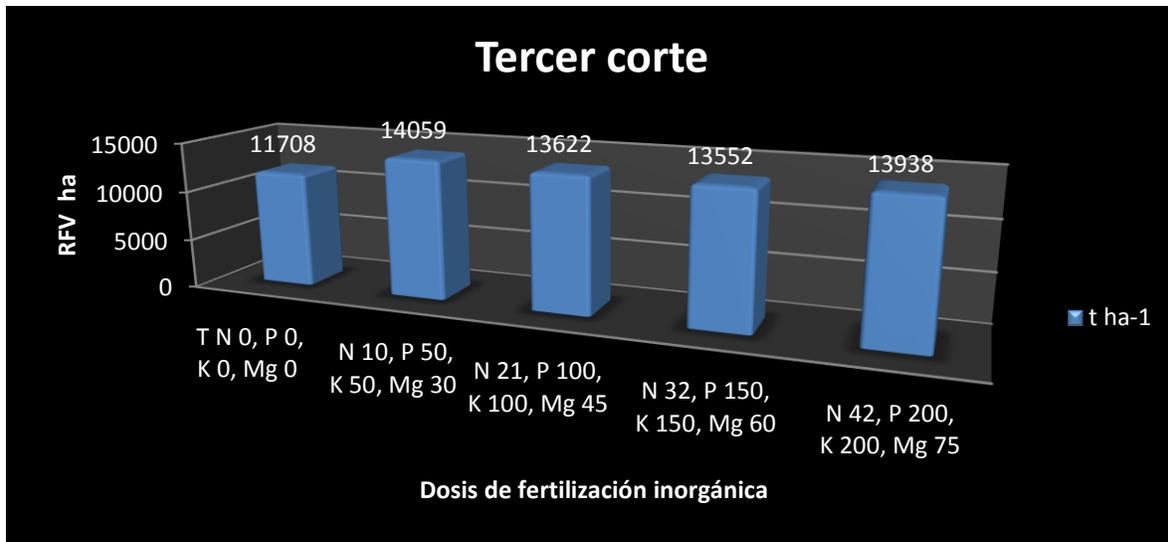
Gráfica 5. Rendimiento de forraje verde del primer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

En el rendimiento de forraje verde por hectárea del segundo corte no se encontró diferencias significativas para las dosis de fertilización. Se observa en la gráfica 2 que el tratamiento de fertilización $N_{10} P_{50} K_{50} Mg_{30}$ obtuvo un rendimiento de forraje verde de $5692.3 \text{ kg ha}^{-1}$, Mientras que el tratamiento $N_0 P_0 K_0 Mg_0$ obtuvo $4924.8 \text{ kg ha}^{-1}$. se puede observar que la dosis de $N_{10} P_{50} K_{50} Mg_{30}$ obtuvo un 13.49 por ciento más de rendimiento que la dosis de $N_0 P_0 K_0 Mg_0$.



Gráfica 6. Rendimiento de forraje verde del segundo corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

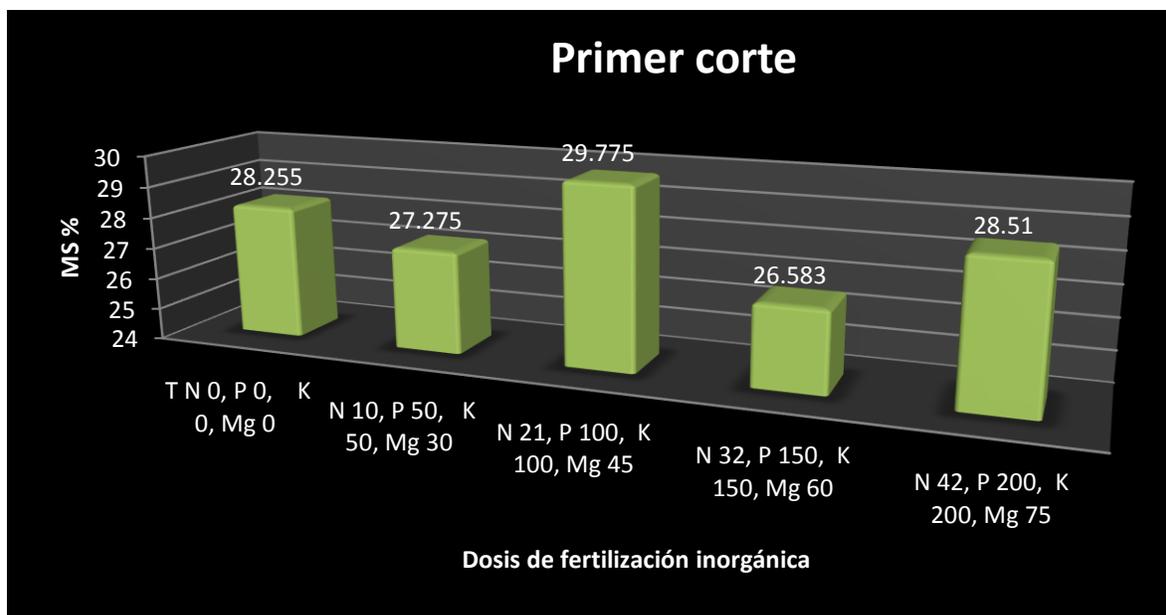
En el rendimiento de forraje verde por hectárea del tercer corte no se encontró diferencias significativas para las dosis de fertilización. Se observa en la gráfica 3 que el tratamiento de fertilización N₁₀ P₅₀ K₅₀ Mg₃₀ obtuvo un rendimiento de forraje verde de 14059 kg ha⁻¹, Mientras que el tratamiento N₀ P₀ K₀ Mg₀ obtuvo 11708 kg ha⁻¹. se puede observar que la dosis de N₁₀ P₅₀ K₅₀ Mg₃₀ obtuvo un 16.73 por ciento más de rendimiento que la dosis de N₀ P₀ K₀ Mg₀.



Gráfica 7. Rendimiento de forraje verde del tercer en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

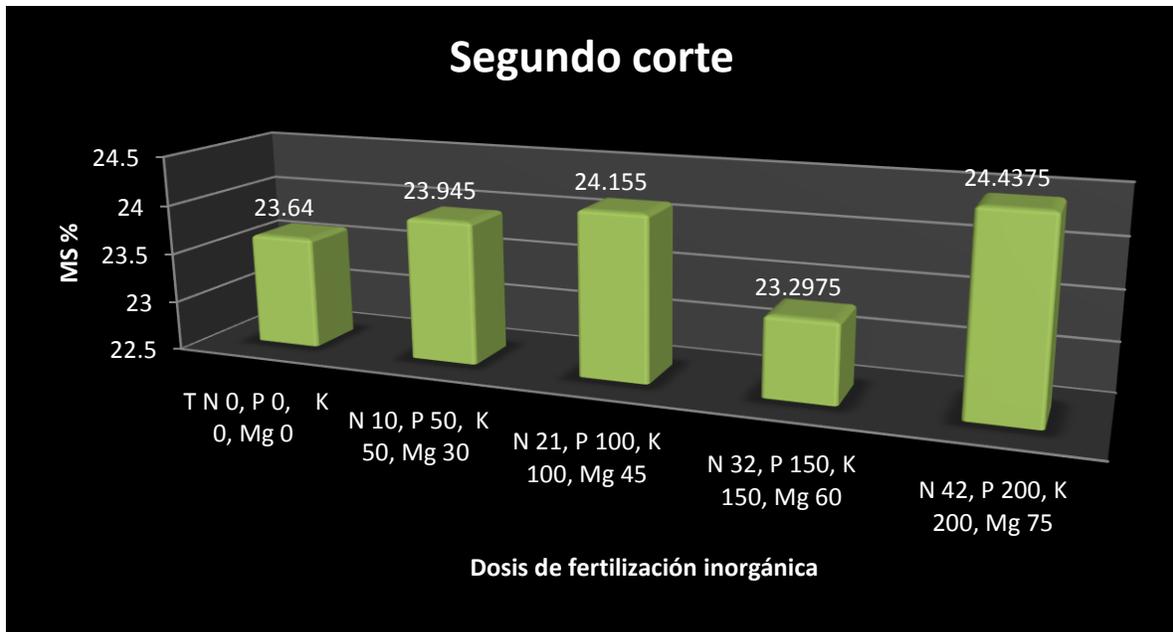
4.4 Porcentaje de materia seca.

En porcentaje de materia seca del primer corte no se encontró diferencias significativas para las dosis de fertilización. Se observa en la gráfica 4 que el tratamiento de fertilización $N_{21} P_{100} K_{100} Mg_{45}$ obtuvo un porcentaje de materia seca de 29.775 %, Mientras que el tratamiento $N_0 P_0 K_0 Mg_0$ obtuvo 28.255 %.se puede observar que la dosis de $N_{21} P_{100} K_{100} Mg_{45}$ obtuvo un 5.11% más de materia seca que la dosis de $N_0 P_0 K_0 Mg_0$.



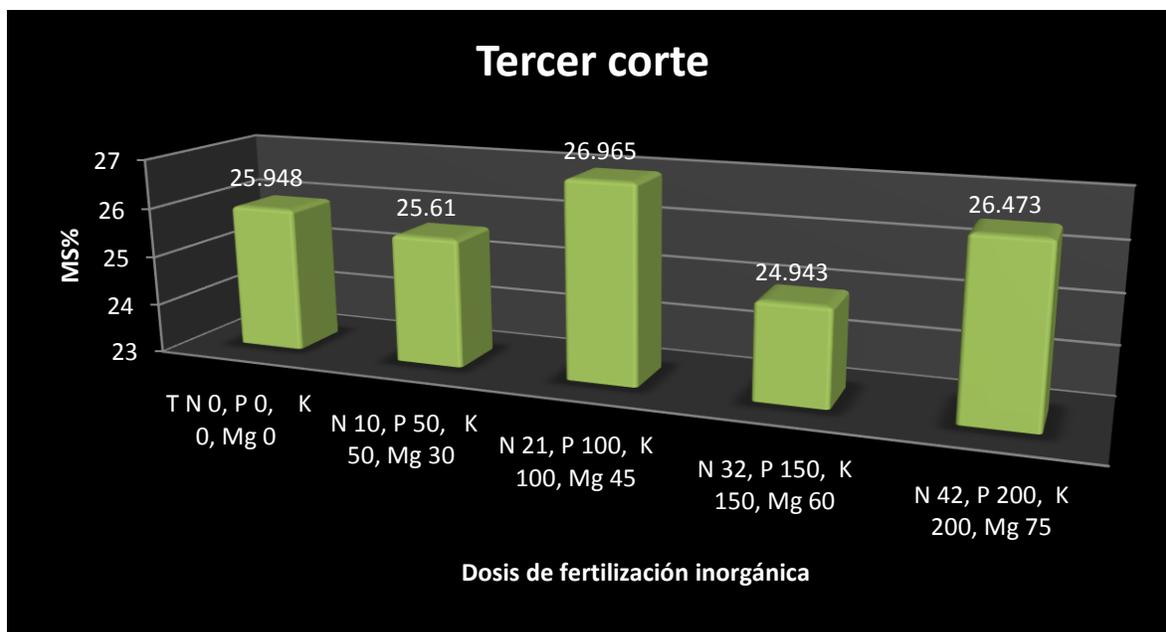
Gráfica 8. Porcentaje de materia seca del primer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

En porcentaje de materia seca del segundo corte no se encontró diferencias significativas para las dosis de fertilización. Se observa en la gráfica 5 que el tratamiento de fertilización $N_{42} P_{200} K_{200} Mg_{75}$ obtuvo un rendimiento de materia seca de 24.4375 %, Mientras que el tratamiento $N_0 P_0 K_0 Mg_0$ obtuvo 23.64 %.se puede observar que la dosis de $N_{42} P_{200} K_{200} Mg_{75}$ obtuvo un 3.27 % más de materia seca que la dosis de $N_0 P_0 K_0 Mg_0$.



Gráfica 9. Porcentaje de materia seca del segundo corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

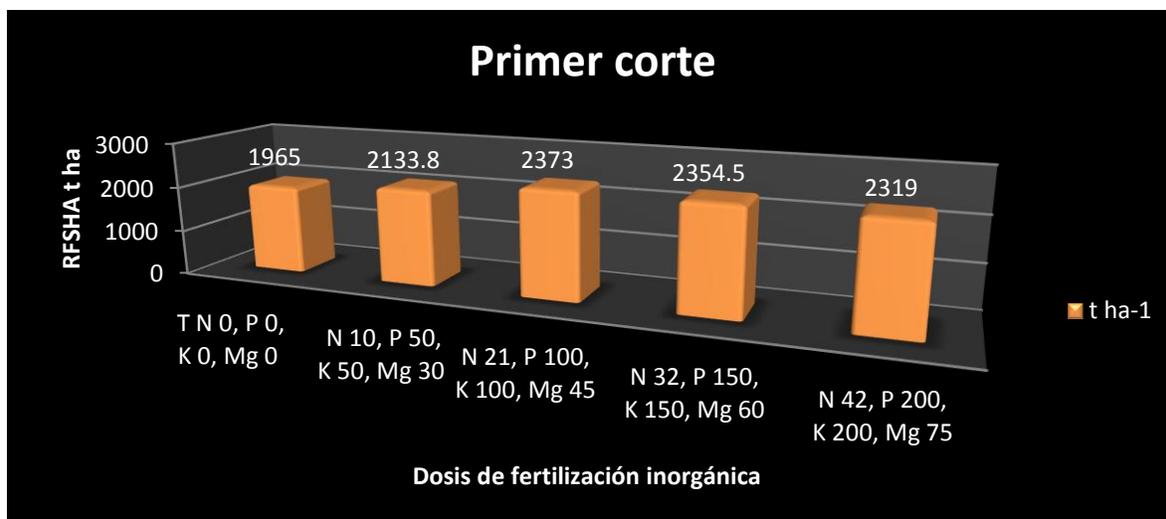
En porcentaje de materia seca del tercer corte no se encontró diferencias significativas para las dosis de fertilización. Se observa en la gráfica 6 que el tratamiento de fertilización N₂₁ P₁₀₀ K₁₀₀ Mg₄₅ obtuvo un porcentaje de materia seca de 26.965%, Mientras que el tratamiento N₀ P₀ K₀ Mg₀ obtuvo 25.948 %.se puede observar que la dosis de N₄₂ P₂₀₀ K₂₀₀ Mg₇₅ obtuvo un 3.78 % más de materia seca que la dosis de N₀ P₀ K₀ Mg₀.



Gráfica 10. Porcentaje de materia seca del tercer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

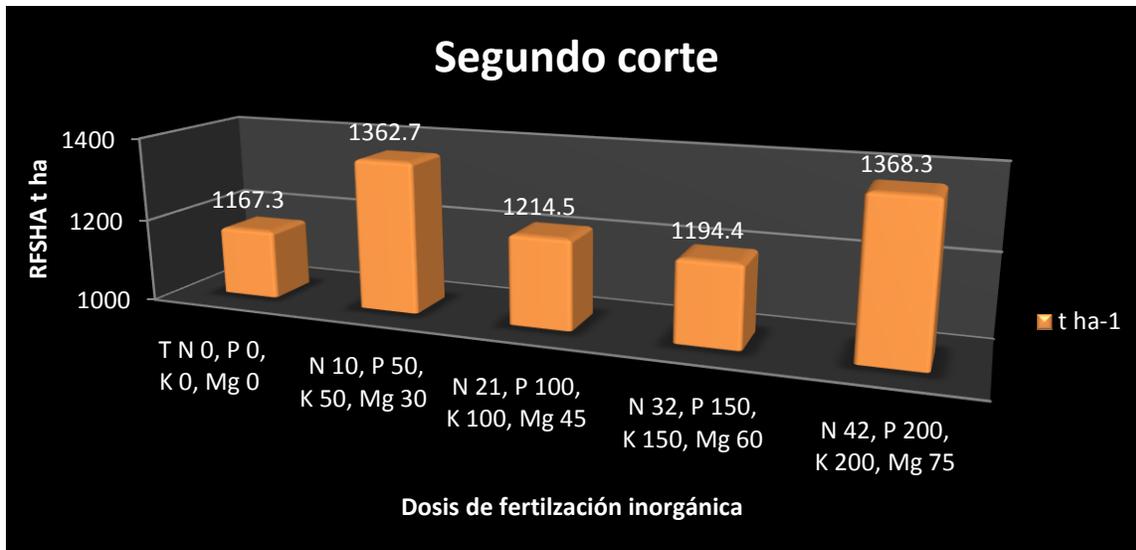
4.5 Rendimiento de materia seca por hectárea.

En el rendimiento de materia seca por hectárea del primer corte no se encontró diferencias significativas para las dosis de fertilización. Se observa en la gráfica 7 que el tratamiento de fertilización $N_{32} P_{150} K_{150} Mg_{45}$ obtuvo un rendimiento de forraje seco de $2354.5 \text{ kg ha}^{-1}$, Mientras que el tratamiento $N_0 P_0 K_0 Mg_0$ obtuvo 1965 kg ha^{-1} . se puede observar que la dosis de $N_{32} P_{150} K_{150} Mg_{45}$ obtuvo un 16.55 por ciento más de forraje seco que la dosis de $N_0 P_0 K_0 Mg_0$.



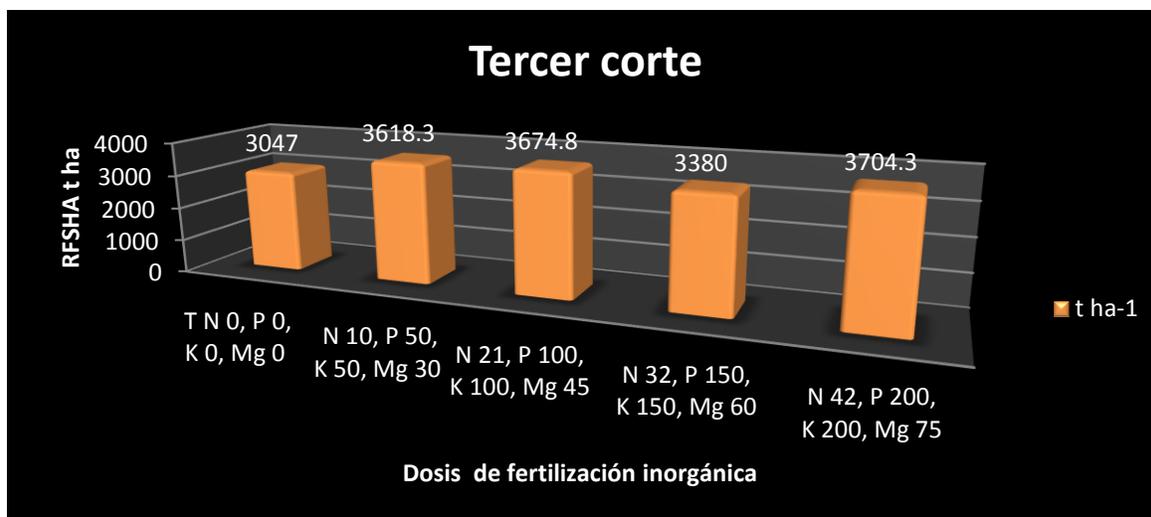
Gráfica 11. Rendimiento de materia seca del primer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

En el rendimiento de materia seca por hectárea del segundo corte no se encontró diferencias significativas para las dosis de fertilización. Se observa en la gráfica 8 que el tratamiento de fertilización $N_{42} P_{200} K_{200} Mg_{75}$ obtuvo un rendimiento de forraje seco de $1368.3 \text{ kg ha}^{-1}$, Mientras que el tratamiento $N_0 P_0 K_0 Mg_0$ obtuvo $1167.3 \text{ kg ha}^{-1}$. se puede observar que la dosis de $N_{42} P_{200} K_{200} Mg_{75}$ obtuvo un 14.69 por ciento más de forraje seco que la dosis de $N_0 P_0 K_0 Mg_0$.



Gráfica 12. Rendimiento de materia seca del segundo corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

En el rendimiento de materia seca por hectárea del tercer corte no se encontró diferencias significativas para las dosis de fertilización. Se observa en la gráfica 9 que el tratamiento de fertilización $N_{21} P_{100} K_{100} Mg_{45}$ obtuvo un rendimiento de forraje seco de $3674.8 \text{ kg ha}^{-1}$, Mientras que el tratamiento $N_0 P_0 K_0 Mg_0$ obtuvo 3047 kg ha^{-1} . Se puede observar que la dosis de $N_{42} P_{200} K_{200} Mg_{75}$ obtuvo un 17.09 por ciento más de forraje seco que la dosis de $N_0 P_0 K_0 Mg_0$.



Gráfica 13. Rendimiento de materia seca del tercer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

En las gráficas 1,2 y 3 se muestran los rendimientos de forraje verde por hectárea en la cual se obtiene que en el tratamiento 3 del primer corte se obtuvo un mejor rendimiento que en los de los cortes 2 y 3, la diferencia que hubo entre cada uno de 5.51 t ha⁻¹ del corte 1 y 3 ya que en los 2 y 3 hubo 3.24 t ha⁻¹.

En materia seca el corte 1 se obtuvo un aumento 1.33 por ciento de materia seca, que al corte 3, y en el corte 3 aumentó 0.51 por ciento de materia seca al corte 2.

El aumento de forraje seco en el corte 3 es de 0.54 t ha⁻¹ que la del corte 1, mientras que se obtuvo un 1.86 t ha⁻¹ de aumento en el 1 que la del corte 2.

5. DISCUSION

5.1 Altura de planta y número de tallo.

Los resultados de altura de planta en la presente investigación está de acuerdo con los encontrados por Rojas (2011) quien al evaluar la dinámica de crecimiento de variedades de alfalfa bajo diferentes estaciones del año encontró alturas de 47 cm para el otoño y 26 cm para el invierno que son similares a 39.5 cm encontradas en la presente investigación. En relación a número de tallos por plantas Rojas (2011) encontró 19 tallos por planta el cual es superior a 11 tallos por plantas encontrados en la presente investigación.

5.2 Rendimiento de forraje verde por hectárea.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación coinciden con lo encontrado por Gonzales *et al.* (1992) que en un experimento con dosis de fertilización con Nitrógeno de 60 y 80 unidades y dosis de fosforo de 80 ,100 y 120 unidades, no encontró diferencias significativa por el efecto de la dosis de fertilización. La aplicación de fertilizantes en el trabajo de Gonzales *et al.* (1992) se hizo en forma total y única después del primer corte.

La razón de no encontrar efectos significativo en los tratamientos de fertilización en el presente trabajo se deben a la forma de aplicación de fertilizante que fue en la parte superficial después del corte una sola aplicación, ya que se sabe que el movimiento del fósforo dentro del suelo es muy poco y el área de absorción por parte de la raíces del alfalfa se encuentra en estratos del suelo inferiores, por otra parte el pH del área experimental es alto (8.23), y la cantidad de carbonatos

totales también alta (17.60%) provocaron la fijación del fósforo aplicado disminuyendo su disponibilidad para el cultivo.

Los rendimientos obtenidos de forraje verde en presente trabajo de investigación (9,186 kg ha⁻¹ en promedio con la dosis de N_{32kg}, P_{150kg}, K_{150kg}, Mg_{60kg}) son inferiores a los obtenidos por Gonzales (1992) con dosis N_{60kg} P_{100kg} K_{00kg} quienes obtuvieron 11,788 kg ha⁻¹ de forraje verde por corte. De la misma manera los rendimiento de forraje verde de 9,541 kg ha⁻¹ en promedio son inferiores 12,166 kg ha⁻¹ de forraje verde obtenidos por Guanopatin (2012) a la aplicar fertilización orgánica vía foliar con vial de estiércol de gano vacuno.

5.3 Porcentaje de materia seca.

Los resultados obtenidos en el presentes trabajo coinciden con Gonzales *et al.* (1992) quienes al evaluar el porcentaje de materia seca con la dosis de fertilización con Nitrógeno de 60 y 80 unidades y dosis de fósforo de 80 ,100 y 120 unidades no encontraron diferencias significativa en el porcentaje de materia seca.

Gonzales *et al.* (1992) obtuvieron valores de 21.30 % de materia seca por corte, los cuales son inferiores a 29.77 % de materia seca con dosis de N₂₁, P₁₀₀, K₁₀₀, Mg₄₅ en el primer corte. Según INIFAP (2012) reporta valores de porcentaje de materia seca de 21.32 kg ha⁻¹ los cuales también son inferiores a 29.77 % obtenidos en el presente trabajo. En la misma forma el valor de 29.77 de porciento de materia seca del presente trabajo es superior a 24.18 de porciento de materia seca obtenido por Guanopatin. (2012) en un estudio de fertilización foliar de alfalfa con biol de estiércol vacuno.

5.4 Rendimiento de materia seca por hectárea.

Los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación coinciden con los encontrados por Gonzales *et al*, (1992) quienes al evaluar el rendimiento de materia seca de alfalfa con dosis de N_{60-80kg} P_{80-100-120kg} no encontraron diferencias significativa en el rendimiento de materia seca. El rendimiento por corte promedio que Gonzales *et al*, (1992) obtuvo fue de 2,511 kg ha⁻¹, el cual es similar al rendimiento promedio obtenido en la presente investigación que fue de 2,472 kg ha⁻¹.

Los resultados de la presente investigación no coinciden con los encontrados por Montemayor *et al*, (2012) quienes al probar dosis de fertilización de P₂O₅ de T_{128Kg} T_{218kg} T_{39kg} T_{40kg} encontraron diferencias significativa en el rendimiento de materia seca. El rendimiento de materia seca obtenido por los autores anteriores promedio 3,826 kg ha⁻¹ de materia seca, el cuales superior a 2,472 kg ha⁻¹ de materia seca obtenido en la presente investigación. Por otra parte los resultados de la presente investigación coinciden con los reportados por Acuña. (1992) quien al evaluar dosis de fertilización de fosforo de 00, 78, 156, 312 no encontró diferencias significativa en el rendimiento de materia seca. El rendimiento de materia seca obtenido por Acuña (1992) fue de 1,609 kg ha⁻¹ el cual es inferior a 2,472 kg ha⁻¹ obtenido en la presente investigación.

Por el contrario los resultados de la presentes investigación no coinciden con los encontrados por Flores *et al*, (2012) quienes encontraron diferencias significativa en el rendimiento de materia seca al evaluar dosis de fertilización de fosforo de 0 y 200 Kilogramos por hectárea, fraccionados en 50 kilos por hectárea cada tres meses. El rendimiento de materia seca obtenido por estos autores fue de 2,475 kg ha⁻¹, el cual es similar al obtenido en la presente investigación. El resultado de la presente investigación coincide con los encontrados por Sánchez. (2005) quien al evaluar dosis de fósforo de 75, 150 y 225 kg ha⁻¹ aplicado semanalmente atreves del sistema de riego no encontró diferencias significativa por efecto de dosis de fertilización. El rendimiento de materia seca obtenido por Sánchez. (2005) fue de 3,340 kg ha⁻¹ el cual es superior a 2,472 kg ha⁻¹ obtenido en la presente trabajo.

6. CONCLUSIONES

No se encontró diferencia significativa por efecto de la dosis de fertilización en altura de planta ni en número de tallos por planta. La aplicación de fertilizantes produjo un incremento de 8.9 por ciento de altura de planta sobre el tratamiento sin aplicación de fertilizantes y un 33.53 por ciento en el número de tallos por planta en el tratamiento con fertilización con respecto al tratamiento no fertilizado. No se encontró diferencia significativa por efecto de la dosis de fertilización en el rendimiento de forraje verde, la aplicación de fertilizantes produjo un incremento de 17.54 por ciento en rendimiento de forraje verde respecto al tratamiento sin fertilización.

No hubo diferencias significativas por efecto de la dosis de fertilización en el porcentaje de materia seca. Los tratamientos con fertilización obtuvieron un 4.05 por ciento de mayor porcentaje de materia seca respecto al tratamiento sin fertilización.

No se encontró diferencias significativas por efecto de la dosis de fertilización en el rendimiento de materia seca por hectárea. Los tratamientos con fertilización obtuvieron un 16.11 por ciento más de materia seca que el tratamiento sin fertilización.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acuña S. P., Vidal A., y Martínez G. 1991. Fertilización de la alfalfa con fosforo, potasio y azufre. Agricultura técnica. Chile. 51 (4): 315-322.

Acuña, P.H.1992. "Fertilización del cultivo de alfalfa " Serie carillanca 31: 66-84.

Álvarez V.P. 2013. Evaluación cuantitativa de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa L*). Tesis. Maestría. Colegio de Postgrados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 66 p.

Barbazán, M. 1998. "Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes". Facultad de agronomía. 1: 3-27.

Berardo A. y 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 N° 2:93-10.

Berrada, A. y D. G. 2005. Irrigated alfalfa response to phosphorus and potassium in a calcareous soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36:1213-1227.

Black, C. A. 1975. Relación suelo-planta. Hemisferio Sur. Argentina., p. 75.

Bouton, J. H. 2001. Alfalfa. In: *Proceedings of the XIX International Grassland Congress*. Sao Pedro, Sao Paulo, Brazil. pp: 545-547.

Cadena, V. S. 2009. Dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa L.*) Tesis. Maestría en respuesta a diferentes frecuencias de cosecha. Montecillo, Texcoco, Edo de México, Colegio De Postgraduados 63.

Claro C.P. 1993. Efecto del fósforo, potasio y estiércol de bovino sobre el rendimiento de diferentes variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) bajo condiciones de temporal en el área de Texmelucan Puebla. Tesis de licenciatura. Chapingo. México. 106pp.

Cooke, W.G. 1984. Fertilizantes y sus usos. Traducido en español por Alonso Blackaller Vélez, de la Primera Edición en Inglés. CECSA, México, p. 175

Cortés, N.J., Lope, L.F. y Guzmán, R.S.D. 2003. Guía para cultivar alfalfa en los valles de Mexicali, B.C. y San Luis Rio Colorado, Sonora Para Productores No. 39. CEMEX-CIRNO-INIFAP.

Del Pozo, M. 1983. La alfalfa y su aprovechamiento. Editorial. Mundi-Prensa. Madrid España. 370 pp.

Delgado, I. y Muñoz, F. 2005. La fertilización nitrogenada en el cultivo de la alfalfa. Surcos de Aragón 94:34-37.

Duarte, G. 2010. Red Agrícola Fertilización de la Alfalfa. Disponibilidad en Internet fertilizando.com, consultado 2010-07-08.

Figuroa U, M.E. Medina, J.F. Chávez Manejo del suelo En: Tecnología de Producción en Nogal Pecanero. Libro Técnico No.3 CELALA, CIRNOC, INIFAP. México; 2002:77-99.

Fontanetto, H., O. Keller, C. Negro, L. Beloti, y D. Giailevra. 2008. Fertilización de alfalfa en la región central de Santa Fe con fosforo, azufre, calcio y micronutrientes. A.A.P.R.E.S.I.D. Planteos Ganaderos en Siembra Directa: pp. 77-81. Marzo 2008.

Fontanetto, H., O. Keller, y H. Vivas 2004. Buscando la fertilización balanceada de pastura en el área central de Santa Fe. Sistemas Ganaderos en Siembra Directa. AAPRESID. 1^{er} Simposio Nacional "Hacia una Ganadería Competitiva". pp. 48-59.

Fontanetto, H., y O. Keller. 2009 Aspecto del manejo de la Fertilización de la alfalfa en el área central de Santa Fe. Todo Agro Eventos. Jornadas de Alfalfa, Agosto de 2009. Cuadernos de la alfalfa II: pp. 24-27.

Gambaudo, S. 1998 Fertilización; acidificación de los suelos y su corrección. 5^{to} Seminario de Actualización Técnica: Invernada, planteo de alta producción CPIA, CADA Y SRA: pp. 163-169.

Gambaudo, S. 2007. Minerales para la Sustentabilidad de los sistemas Agropecuario, Bases para el manejo de la nutrición de los cultivos y los suelos. International Plant Nutrition Institute – Fertilizar Asociación Civil. Ed. García, F y Ciampitti. I. pp.13-18.

Gambaudo, S. 2007b. Identificación de zonas para encalado y criterios a tener en cuenta para el cálculo de las dosis variables. 7^{mo} Curso Internacional de Agricultura de Presión y 2da Exposición de máquinas Precisa Ediciones INTA. EEA Manfredi, 17, 18 y 19 de julio. pp. 82.87.

Gambaudo, S., A. Zampar, L. Tomatis, y O. Quaino. 2001 Respuesta de la alfalfa a la aplicación de dos enmiendas calcáreas. INPOFOS, Informaciones Agronómicas del Cono Sur, numero 12: pp. 4-6

Godoy A.C, Pérez G.A. Torres ECA, Hermosillo LJ, Reyes JL. Uso de agua producción de forraje y relaciones hídricas en alfalfa con riego por goteo subsuperficial. Agrocencia 2003; 37(2):107-115.

González, S. A. Eguiarte, V, J. A. Rodríguez, R. R. 1992. Respuesta de la alfalfa variedad Atoyac a la fertilización de nitrógeno fosforo y minerales traza. Tec. Pec. Mex. Vol. 30 No.2 pp. 154.

Guanopatín, C, M. R. 2012. Aplicación de biol en el cultivo establecido de alfalfa (*Medicago sativa L.*). Tesis. Licenciatura. Universidad técnica de Ambato facultad de ingeniería agronómica, Ecuador. PP, 47-54.

Heichel, G. H. 1982. Breeding alfalfa for improved nitrogen fixation a physiological perspective Iowa State. J. of Research. 56:255-280.

Heichel, G. H.; Barnes, D. K.; Vance, C. P. 1981. Nitrogen fixation of alfalfa in the seeding year. Crop. Sci. 21:330-335.

INIFAP, 2000. Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural Instituto Nacional de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental La Laguna. Libro Técnico No 2. pp. 13-18.

INIFAP. (2012.) rendimiento y valor alimenticio de variedades de alfalfa para la producción de leche en la cuenca de delicias, chihuahua. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias Centro de Investigación Regional Norte-Centro Campo Agrícola Experimental Delicias Cd. Delicias, Chihuahua, México. Libro técnico N^o 19, pp 15-20.

Juncafresca, B. 1983 Forrajes. Fertilizantes y Valor Nutritivo 2ª edición Editorial Aedos Barcelona, España. pp. 203.

Justes E., Thiebeau P., Cattin G., Larbre D., 2001. Liberation d'azote après retournement de luzerne. Perspectives agricoles, 264, 22-28.

Langer M, H.P. 1981. Las pasturas y sus plantas. la, Ed. Hemisterio Sur, Montevideo, Uruguay. pp.154.

Lanyon, L.E., Smith, F. 1985. Potassium nutrition of alfalfa and other forage legumes: Temperate and tropical. In R.D.Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA, Madison, WI. USA. pp. 861–893.

Lanyon, LL.E, Griffith, W. 1988. Nutrition and fertilizer use. In A. Hanson, et al. (ed.) Alfalfa and alfalfa improvement. Agron. Monogr. 29. ASA, Madison, WI. pp. 333–372.

Lee C., Smith D., 1972. Influence of nitrogen fertilizer on stands, yields of herbage and protein, and nitrogenous fractions of field-grown alfalfa. Agronomy Journal, 64, 527-530.

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.

Montemayor, T, J. A.; Woo, R, J.L.; Munguía L. J.; López, A. R.; Segura, C, M.Á.; Yescas, C. P.; Frías, R, E. 2012. Producción de alfalfa (*Medicago Sativa L.*) cultivada con riego sub-superficial y diferentes niveles de fósforo Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, INIFAP. Vol. 3, núm. 7, Estado de México. pp. 1321-1332.

Moreno, y G. y Talbot, M. 2010. Fertilización equilibrada de la alfalfa. (En línea). <http://www.Elstioagricola.com> cita 06/12/16.

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.

Ramírez, L. M. 1974. El cultivo de la alfalfa en México. Dirección General de Extensión Agrícola. Chapingo, México. 24pp.

Rodríguez, S. F. 1989. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. A. G. T. Editor, S. A. México, D. F. 157 p.

Rojas, G., R.A. 2011. Dinamica de crecimiento de forraje verde de diez variedades de alfalfa. Tesis de Maestría. Colegio de posgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. De México. P 48-57.

SAGARPA. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria en la Región Lagunera. Lerdo, Durango. 2006.

Salazar, S. E. Trejo, E, H.I. Vázquez C, López, M. JD. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla. Con aplicación de estiércol bovino *Phyton*; 76: 169-185.

Sánchez H., J.E. 2005. Rendimiento y calidad de la alfalfa mediante la aplicación de fosforo y riego por goteo superficial (*Medicago sativa L*) Tesis. Doctorado. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 46 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | gov.mx www.gob.mx/siap (SIAP 2015)

Vance C.P., Heichel G.H., Phillips D.A., 1988. Nodulation and symbiotic dinitrogen fixation. En: Alfalfa and alfalfa improvement, Hanson A.A., Ed., Agronomy n° 29, Madison, Wisconsin, USA. 229-257.

Vázquez, V. C., H. J.L. García, S.E. Salazar, A. B, Murillo, C.I. Orona, T.R, Zúñiga, P. E, O. Rueda, y R. P. Preciado 2010. Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa L.*) con diferentes dosis de estiércol bovino. *Revista mexicana de ciencias pecuarias. Rev. Méx. Ciec. Pecu*; 1 (4):363-372

Vivas, HS., y O. Quaino 2000. Fosforo y enmienda cálcica para la producción de alfalfa en dos suelos del centro este de santa Fe. 1998/1999. Actas del XVII Congreso Argentino de la ciencias del suelo mar del planta. Abril del 2000.

8. APENDICE

Cuadro 1. Análisis de varianza para rendimiento de forraje verde por hectárea del primer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

F V	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.05 0.01	
TRAT	4	8055738.50	2013934.63	1.99	3.26	NS
REP	3	17469734.55	5823244.85	5.74	5.41	*
ERROR	12	12172602.70	1014383.56		3.49	
TOTAL	19	37698075.75			5.95	
R²=0.67		C.V.= 12.69		MEDIA=7934kg/ha		

Cuadro 2. Análisis de varianza para porcentaje de materia seca por hectárea del primer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.05 0.1	
TRAT	4	23.91632000	5.97908000	0.67	3.26 - 5.41	NS
REP	3	7.03505500	2.34501833	0.26	3.49 - 5.95	*
ERROR	12	107.4009200	8.9500767			
TOTAL	19	138.3522950				
R²=0.22		C.V.= 10.65		MEDIA=28.07%		

Cuadro 3. Análisis de varianza para rendimiento de materia seca por hectárea del primer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.05 0.01	
TRAT	4	493419.200	123354.800	0.93	3.26 - 5.41	NS
REP	3	1703815.350	567938.450	4.26	3.49 - 5.95	*
ERROR	12	1598218.400	133184.867			
TOTAL	19	3795452.950				
R²=0.57		C.V.= 16.37		MEDIA=2229kg/ha		

Cuadro 4. Análisis de varianza para rendimiento de forraje verde por hectárea del Segundo corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.05 0.01	
TRAT	4	1946091.264	486522.816	0.27	3.26 -	NS
REP	3	6692241.629	2230747.210	1.22	5.41	*
ERROR	12	21917329.29	1826444.11		3.49 -	
TOTAL	19	30555662.18			5.95	
R²=0.28		C.V.=25.57		MEDIA=52852kg/ha		

Cuadro 5. Análisis de varianza para porcentaje de materia seca por hectárea del segundo corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.050.01	
TRAT	4	3.14575000	0.78643750	0.68	3.26 - 5.41	NS
REP	3	2.51114000	0.83704667	0.73	3.49 - 5.95	*
ERROR	12	13.80821000	1.15068417			
TOTAL	19	19.46510000				
R²=0.29		C.V.= 4.48		MEDIA=23.89%		

Cuadro 6. Análisis de varianza para rendimiento de materia seca por hectárea del segundo corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.05 0.01	
TRAT	4	148936.4369	37234.1092	0.36	3.26 - 5.41	NS
REP	3	334452.6936	111484.2312	1.07	3.49 - 5.95	*
ERROR	12	1246670.583	103889.215			
TOTAL	19	1730059.714				
R²=0.27		C.V.= 25.55		MEDIA=1261.4 5kg/ha		

Cuadro 7. Análisis de varianzas para el porcentaje de materia seca por hectárea del tercer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.05 0.01	
TRAT	4	14630655.30	3657663.83	1.09	3.26 - 5.41	NS
REP	3	20683689.20	6894563.07	2.05	3.49 - 5.95	*
ERROR	12	40361392.30	3363449.36			
TOTAL	19	75675736.80				
R² = 0.46		C.V. = 13.71	MEDIA = 13375.60 kg/ha			

Cuadro 8. Análisis de varianzas para el porcentaje de materia seca por hectárea del tercer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.05 0.01	
TRAT	4	9.70745000	2.42686250	0.78	3.26 - 5.41	NS
REP	3	3.05453500	1.01817833	0.33	3.49 - 5.95	*
ERROR	12	37.10419000	3.09201583			
TOTAL	19	49.86617500				
R² = 0.25		C.V. = 6.76	MEDIA = 25.98 %			

Cuadro 9. Análisis de varianza para de rendimiento de materia seca por hectárea del tercer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.05 0.01	

TRAT	4	1218800.300	304700.075	0.88	3.26 - 5.41	NS
REP	3	1929260.950	643086.983	1.85	3.49 - 5.95	*
ERROR	12	4166895.300	347241.275			
TOTAL	19	7314956.550				

R²=0.43 **C.V.= 16.90** **MEDIA=3484.8**
kg/ha

Cuadro 10. Análisis de varianza para altura de planta del primer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.05 0.01	
TRAT	4	177.7080000	44.4270000	1.34	3.26 - 5.41	NS
REP	3	30.5660000	10.1886667	0.31	3.49 - 5.95	*
ERROR	12	397.8440000	33.1536667			
TOTAL	19	606.1180000				

R²=0.34 **C.V.= 16.16** **MEDIA=35.61**
kg/ha

Cuadro 11. Análisis de varianza para número de tallo del primer corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.05	
					0.01	

TRAT	4	13.32000000	3.33000000	1.88	3.26 - 5.41	NS
REP	3	8.34200000	2.78066667	1.57	3.49 - 5.95	*
ERROR	12	21.28800000	1.77400000			
TOTAL	19	42.95000000				

 $R^2=0.50$

C.V.= 13.80

MEDIA=9.65kg/ha

Cuadro 12. Análisis de varianza para altura de planta del segundo corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.05 0.01	
TRAT	4	43.67200000	10.91800000	0.48	3.26 - 5.41	NS
REP	3	22.24600000	7.41533333	0.32	3.49 - 5.95	*
ERROR	12	273.9440000	22.8286667			
TOTAL	19	339.8620000				

 $R^2=0.19$

C.V.= 15.44

MEDIA=30.93
kg/ha

Cuadro 13. Análisis de varianza para número de tallo del segundo corte en crecimiento y rendimiento de alfalfa con fertilización en base análisis de suelo y planta, Torreón Coahuila, México UAAAN-UL 2016.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	Significancia
					0.05 0.01	
TRAT	4	26.06800000	6.51700000	3.55	3.26 - 5.41	NS
REP	3	2.08000000	0.69333333	0.38	3.49 - 5.95	*
ERROR	12	22.06000000	1.83833333			
		50.20800000				

TOTAL 19

R²=0.56

C.V.= 20.66

MEDIA=6.56
kg/ha