

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Efecto mineral de la fertilización orgánica (Vermicompost) e inorgánica (MAP) en el suelo después de ser cultivado con alfalfa (*Medicago sativa* L.).

POR

LUIS GABRIEL RODRÍGUEZ ROSAS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Efecto mineral de la fertilización orgánica (Vermicompost) e inorgánica (MAP) en el suelo después de ser cultivado con alfalfa (*Medicago sativa* L.).

POR:

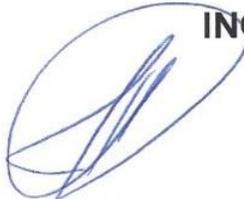
LUIS GABRIEL RODRIGUEZ ROSAS

TESIS

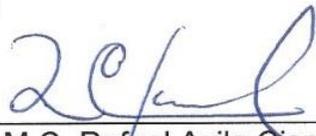
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:



Dr. Juan Leonardo Rocha Valdez
Presidente



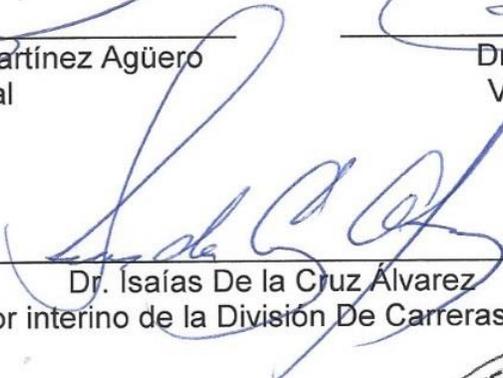
M.C. Rafael Avila Cisneros
Vocal



Dr. Héctor Javier Martínez Agüero
Vocal



Dr. Alfredo Ogaz
Vocal Suplente



Dr. Isaías De la Cruz Álvarez
Coordinador interino de la División De Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Efecto mineral de la fertilización orgánica (Vermicompost) e inorgánica (MAP) en el suelo después de ser cultivado con alfalfa (*Medicago sativa* L.).

POR:

LUIS GABRIEL RODRIGUEZ ROSAS

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Dr. Juan Leonardo Rocha Valdez
Presidente

M.C. Rafael Avila Cisneros
Vocal

Dr. Héctor Javier Martínez Agüero
Vocal

Dr. Alfredo Ogaz
Vocal Suplente

Dr. Isaías De la Cruz Álvarez
Coordinador interino de la División De Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2019



AGRADECIMIENTO

A mi dios, por haberme estado conmigo en las buenas y en las malas así mismo por haberme dado salud y bienestar en estos cuatro años y medio en la universidad.

A mi Alma Terra mater, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme brindado siempre las comodidades y el apoyo económico (beca académica) para el logro de mi carrera de Ingeniero Agrónomo.

A mis padres, Maximino Rodríguez Calvario y Alberta Rosas García, por haberme brindado su apoyo incondicional y bríndame el ánimo de seguir estudiando.

A mi hermana, Elizeth Rodríguez Rosas, por haberme brindado su entusiasmo de seguir adelante y su apoyo económico cuando más lo necesitaba (gracias).

A mi esposa, Doraly Candelario Avilés, por estar conmigo en las buenas y en las malas y apoyarme con ánimo de seguir adelante.

A mis abuelos, Eutimio Rodríguez González y Juana Calvario Vázquez, por haberme brindado su entusiasmo para venir a estudiar la carrera de Ingeniero Agrónomo en Torreón, Coahuila.

A mis tíos, por haberme apoyado con el entusiasmo con su frase (estudia hijo para ser alguien en la vida o sino pues aquí tiene tu machete, tu bomba, tu tarecua, etc.

DEDICATORIAS

A mis padres, Maximino Rodríguez Calvario y Alberta Rosas García, por haberme brindado su apoyo económico, bríndame el ánimo de seguir estudiando.

A mi hermana, Elizeth Rodríguez Rosas, por haberme brindado su entusiasmo de seguir adelante y su apoyo económico cuando más lo necesitaba (gracias).

A mi esposa, Doraly Candelario Avilés, por estar conmigo en las buenas y en las malas y apoyarme con ánimo de seguir adelante.

A mi hija Doris Iveth ya que ella es mi gran motivación de seguir dando los pasos para seguir adelante ya que ella es mi todo en este mundo.

A mis abuelos, Eutimio Rodríguez González y Juana Calvario Vázquez, por haberme brindado su entusiasmo para venir a estudiar la carrera de Ingeniero Agrónomo en Torreón, Coahuila.

A mis tíos, por haberme apoyado con el entusiasmo con su frase (estudia hijo para ser alguien en la vida o sino pues aquí tiene tu machete, tu bomba, tu tarecua, etc., etc.

Resumen

El trabajo de investigación se desarrolló en el campo experimental de San Antonio de los Bravos de la UAAAN-UL en Torreón Coahuila durante el segundo semestre de 2018, mediante un diseño de experimento con bloques al azar en donde se evaluaron 6 tratamientos de fertilizantes con 2 repeticiones cada uno. Con la finalidad de mejorar la calidad de nutrientes en el suelo que se ha sembrado con alfalfa (*Medicago sativa* L), el cual se utilizaron como tratamiento los siguientes fertilizantes; vermicompost, lixiviado de vermicompost, fertilizante sintético MAP (Fosfato Mono amónico 11-52-00), sulfato de magnesio, solución nutritiva mineralizada y un testigo. Resultando ser el mejor tratamiento sin llegar a una diferencia estadística el fertilizante orgánico (lixiviado de vermicompost) que fue el que logro mejores aportaciones en materia orgánica (2.5%) y Fosforo (17.6 ppm). La hipótesis planteada fue que la fertilización orgánica basada en vermicompost y lixiviado de vermicompost genera riqueza en el suelo al mejorar la presencia de materia orgánica, macrominerales y micro minerales al cultivarse la alfalfa (*Medicago sativa*), por lo que la hipótesis formulada se acepta y las nuevas líneas de investigación se deben encaminar al vermicompost con lixiviado, puesto que fue el fertilizante que cubrió con la mayoría del requerimiento.

Palabras Clave: *Medicago sativa* L, Vermicompost, Lixiviado de vermicompost

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIAS.....	II
Resumen	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE LOS CUADROS	VI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivo particular	3
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen de la alfalfa	4
2.2. Importancia de la alfalfa	5
2.3. Características de la alfalfa	6
2.3.1. Morfología general	6
2.4. valor nutritivo de la alfalfa	9
2.5. Producción mundial del cultivo de alfalfa (Medicago sativa L.).....	11
2.6. Producción nacional de la alfalfa en México	12
2.7. Importancia de la alfalfa en el desarrollo de las cuencas lecheras en Estados Unidos de Norteamérica.....	13
2.8. Importancia de la alfalfa en el desarrollo de las cuencas lecheras en Canadá.....	14
2.9. Importancia de la alfalfa en el desarrollo de las cuencas lecheras en México	15

2.10. Importancia para la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango	16
2.11. Papel que juega la agricultura tecnificada para producir alfalfa y su impacto en la industria lechera regional	18
2.12. Ventajas de la producción de la leche al utilizar como fuente forrajera la alfalfa vs otros forrajes	19
2.13. Desventajas de la producción de leche al utilizar como fuente forrajera la alfalfa vs otros forrajes	21
2.14. Fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo de alfalfa	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 Ubicación geográfica del trabajo experimental	26
3.2 Localización del experimento	26
3.3 Procedimiento experimental	26
3.4 Descripción del método para aplicar los fertilizantes orgánicos e inorgánicos.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	28
V. CONCLUSIÓN.....	39
VI. BIBLIOGRAFÍA	40

ÍNDICE DE LOS CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración del macromineral nitrógeno (N) en las parcelas muestra.	28
Cuadro 2. concentración de medias del macromineral de nitrógeno(N) en los 6 tratamientos.	28
Cuadro 3. Comportamiento de la concentración de nitrógeno en promedio de (%).	29
Cuadro 4. Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración del macromineral fosforo en las parcelas muestra.	30
Cuadro 5. Concentración de medias del macromineral fosforo en los 6 tratamientos.	30
Cuadro 6. Comportamiento de la concentración de fosforo en promedio (ppm).	31
Cuadro 7. Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración del macromineral potasio (K) en la parcela de muestra.	31
Cuadro 8. Concentración de medias del macromineral potasio en los 6 tratamientos.	32
Cuadro 9. Comportamiento de la concentración de potasio en promedio (meq/100g).	32
Cuadro 10. Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración de materia orgánica (M.O) en las parcelas de muestra.	33
Cuadro 11. Concentración de medias de materia orgánica en los 6 tratamientos.	34
Cuadro 12. Comportamiento de la concentración de materia orgánica (M.O) en promedio de (%).	34
Cuadro 13. Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración de PH en las parcelas muestra.	35
Cuadro 14. Concentración de medias del PH en los 6 tratamientos.	36
Cuadro 15. Comportamiento de la concentración de PH en el suelo.	36

Cuadro 16. Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración de conductividad eléctrica en las parcelas muestra.	37
Cuadro 17. Concentración de medias de conductividad eléctrica en los 6 tratamientos.	37
Cuadro 18. Comportamiento de la concentración con respecto a la conductividad eléctrica en promedio de (ms/cm).	38

I. INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es un cultivo perenne de importancia mundial, debido a su alta calidad nutritiva, alto rendimiento, amplia adaptación, persistencia y capacidad de asociarse en simbiosis con bacterias del género *Rhizobium* (género de bacterias gram negativas del suelo que fijan nitrógeno atmosférico), que fijan nitrógeno destinado inicialmente al tejido de la planta y posteriormente al suelo; además, entre los cultivos forrajeros, la alfalfa registra los valores más altos en producción de proteína por unidad de superficie en clima templado.

Los principales países productores de alfalfa en el mundo en los últimos cinco años, han sido Estados Unidos de América, Argentina, México, Irán e Italia. Sin embargo, a pesar de que México ocupa el tercer lugar en producción total, registra el mayor rendimiento anual por hectárea en zonas templadas del mundo, con una tasa de crecimiento anual de 0.74 %.

En el año 2013, en el país se registraron 31 millones de toneladas de forraje verde en 390 mil hectáreas cultivadas, con rendimiento promedio de 80.71 toneladas por hectárea por año ha/año, siendo los estados de Chihuahua, Hidalgo y Guanajuato quienes aportaron el 46 % de la producción total del país (Luna *et al.*, 2018).

Las tierras agrícolas de la región Centro Norte de México se han trabajado por más de 50 años de manera intensiva, pero en los últimos 30 años los productores redujeron notablemente la aplicación de abonos orgánicos a causa del inicio de una agricultura intensiva, generando una disminución en el uso de fertilizantes orgánicos hasta un punto en el que la aplicación de los inorgánicos se convirtió en un problema

ambiental en muchos lugares del mundo. La Comarca Lagunera, región agrícola y ganadera de las más importantes de la república mexicana, localizada en el norte de México. En ella, anualmente se producen cerca de un millón de toneladas de estiércol de bovino, que se aplica de forma directa a los suelos agrícolas, sin tratamiento previo.

Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo; además, sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo (FAO, 1991). Presentan una amplia variación de efectos que dependen del material aplicado y de su grado de descomposición.

El uso de abonos orgánicos constituye una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de la capacidad productiva de suelos degradados. La adición de residuos vegetales o estiércoles incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo, que en los cultivados varía de 100 a 600 mg/kg. Una forma de mejorar el manejo del estiércol para evitar la pérdida de nutrientes es separarlo en sus fracciones líquida y sólida, e incorporar el composteado o inyectar la fracción líquida al suelo o a cualquier otro sustrato en distintos sistemas de producción.

De tal manera que el éxito de estos productos radica en la forma de preparación, calidad del compost, clases de microorganismos presentes durante la fermentación, forma como se almacenen los biopreparados y el método de aplicación (Fortis *et al.*, 2009).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Realizar la aplicación de fuentes orgánicas e inorgánicas de fertilización con la finalidad de aumentar la cantidad de nutriente en el suelo que se ha sembrado con alfalfa (*Medicago sativa* L).

1.1.2 Objetivo particular

Aplicar dosis diferentes de fuentes orgánicas de fertilizantes y compararlas con fuentes minerales de fertilización en el cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa* L).

1.2 Hipótesis

La fertilización orgánica basada en vermicompost y lixiviado de vermicompost genera riqueza en el suelo al mejorar la presencia de materia orgánica, macrominerales y microminerales en el suelo en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen de la alfalfa

La alfalfa, es la planta forrajera tal vez más antigua, está hoy prácticamente extendida por todo el mundo. Por la gran variedad de ecotipos (subpoblación genéticamente diferenciada que está restringida a un hábitat específico, un ambiente particular o un ecosistema definido, con unos límites de tolerancia a los factores ambientales) existentes en estado espontáneo en la región, se fija su área de origen en Asia menor y sur del Cáucaso.

Se cree que la alfalfa es nativa del suroeste de Asia, de una región comprendida entre Mesopotamia, Persia, Turquestán y Siberia. Como probable centro de origen el Asia Occidental o Asia central, las regiones montañosas de la India, el Asia menor y Transcaucásica. Abarcando esta zona geográfica Turquía, Siria, Irak, Irán, Afganistán, parte occidental de Pakistán y Cachemira. De aquí es probable que fue llevada a Grecia por los persas en el año 490 A.C. y que fue usada por los romanos en su conquista a Grecia como alimento para sus caballos y llevada a Italia en el año 146 A. C. (Soriano, 2003).

El origen de esta forrajera se centra en la zona del Golfo Pérsico, más específicamente en el actual Irán (Rodríguez, 1986), desde donde comenzó su dispersión hasta convertirse en una especie cosmopolita (que ha viajado mucho a diferentes países). Su domesticación ocurrió probablemente en múltiples lugares y las fechas no están claras (Small, 2011). Sin embargo, la alfalfa se menciona en textos babilónicos del 700 A.C. lo que sugiere que se cultivaba en ese momento.

Desde el centro de origen, la alfalfa se propagó en gran parte de Europa, norte de África, Oriente Medio y Asia Central y del Norte. El germoplasma (Conjunto de genes que se transmite por la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras) de alfalfa se introdujo en Norte y Sur América, a partir del siglo XVI y en Australia en la década de 1800 (Barnes *et al.*, 1977).

Por la ruta del Pacífico ingresó a Perú y a Chile y posteriormente a Argentina por vía terrestre. En Argentina se cultivó en primer lugar en la región cuyana, luego en la provincia de Córdoba y finalmente en el resto de la región pampeana. Se difundió rápidamente en el territorio argentino a fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX (Sebastián, 2015).

2.2. Importancia de la alfalfa

La alfalfa es una maravilla de la economía rural y el encanto de los celosos agricultores la principal cualidad se refiere a su alta capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, de hasta 463 Kg/ha/año. (Delgado,1998). El nitrógeno constituye el elemento esencial de la vida este elemento, que resulta muy abundante en la atmósfera y en las rocas, apenas se encuentra accesible para la mayoría de los seres vivos.

Diversos microorganismos transforman el nitrógeno atmosférico o mineral orgánico, facilitando así su aprovechamiento por parte de los demás seres vivos. Se calcula que en un tercio de sus necesidades. Según (Vance *et al.*, 1988) 140 millones de toneladas de nitrógeno se obtienen para la actividad simbiótica de los microorganismos con las plantas. Correspondiendo al 80% de dicha actividad a las leguminosas (Clavijo & Cadena., 2011).

La ganadería intensiva es la que ha demandado de forma regular los alimentos que ha tenido que proveer la industria, dando lugar al cultivo de la alfalfa. La importancia del cultivo de la alfalfa va desde su interés como fuente natural de proteínas, fibra, vitaminas y minerales; así como su contribución paisajística y su utilidad como cultivo conservacionista de la fauna. Además de la importante reducción energética que supone la fijación simbiótica del nitrógeno para el propio cultivo y para los siguientes en las rotaciones de las que forma parte. Por ser una especie perenne, su cultivo aporta elementos de interés como limitador y reductor de la erosión y de ciertas plagas y enfermedades de los cultivos que le siguen en la rotación (Sánchez, 2005).

La alfalfa (*Medicago sativa* L) es considerada como planta acumuladora con buen efecto remediador. Es utilizada para la alimentación de bovinos lecheros, debido a que es una leguminosa de gran aporte nutricional (Castro *et al.*, 2018).

2.3. Características de la alfalfa

En regiones donde se produce alfalfa (*Medicago sativa* L) y la disponibilidad de agua es abundante, es común la siembra de este forraje como monocultivo o combinado con gramíneas para pastorear ovinos. La alfalfa se caracteriza por ser un forraje de alto valor nutricional, ya que su digestibilidad y niveles de proteína (18 a 20 %) son elevados. No obstante, la tasa decrecimiento, la eficiencia alimenticia y algunas características de la canal que muestran los corderos finalizados bajo este sistema (Macías *et al.*, 2015).

2.3.1. Morfología general

2.3.1.1. Semilla

El fruto, que recibe en este caso el nombre de legumbre, da origen a las semillas. Las mismas poseen generalmente forma arriñonada y color amarillento, pero también se pueden encontrar semillas angulares y de coloración que varía desde la verde oliva a distintas tonalidades de calor marrón.

2.3.1.2. Raíz

En general, el sistema radical de la alfalfa es robusto y profundo y su función principal es la absorción de agua. Si no existen impedimentos en el perfil de suelo, la raíz puede alcanzar los 2 a 5 metros en sólo 2 a 4 años de vida. La raíz principal de la planta emerge cerca del hilio (cicatriz, señal del sitio donde se insertó un pequeño tallo) y de ella puede o no partir un variado número de raíces secundarias o laterales.

2.3.1.3. Tallo y Corona

El tallo primario es cuadrado en su sección transversal y presenta estomas y pelos. No sólo tiene crecimiento primario, sino que también posee un crecimiento secundario que da origen a un eje leñoso o porción perenne, que forma parte de la corona. En su parte herbácea, presenta nudos desde donde nacen las hojas. El número de los tallos depende de la edad y el vigor de la planta, y puede llegar hasta 20 tallos.

2.3.1.4. Hoja

La primera hoja de la plántula de alfalfa es unifoliada y de forma orbicular. Las segundas y subsecuentes y se originan en el ápice del tallo. Posteriormente, cuando la planta ya está desarrollada, las hojas pueden originarse del ápice del tallo o de

las yemas laterales ubicadas en los nudos de los tallos. Las hojas se unen al tallo por el pecíolo y son usualmente trifolioladas, (vale decir que se componen de tres folíolos peciolados). Los folíolos son normalmente oblongos u obovados, pero se pueden encontrar formas desde redondeadas a obovado-oblongas e incluso lineales.

2.3.1.5. Flor

La flor se desarrolla cuando el ápice del tallo pasa del estado de crecimiento vegetativo al reproductivo. Este cambio, que se llama transición, comienza con la aparición de una protuberancia en la axila del primordio foliar, adyacente al ápice del tallo. De cada primordio se origina una inflorescencia en forma de racimo simple. La flor de la alfalfa es completa y está formada por el cáliz, la corola, los estambres y el gineceo.

2.3.1.6. Desenlace floral y polinización

Las alas en la corola, poseen en la base unos pequeños apéndices a modo de ganchos que mantienen unida y rígida a la columna estaminal; ésta, a su vez, contiene empaquetado (acomodado) en su interior al estilo. De ese modo, la polinización sólo es posible cuando al separarse las alas a través de un proceso que se denomina desenlace floral la columna estaminal se libera y expone el estigma al contacto con el polen.

2.3.1.7. Fruto

El fruto de alfalfa es del tipo legumbre o vaina, monocarpelar, seco e indehiscente, generalmente alargado y comprimido, con las semillas alineadas en la hilera ventral. La vaina, por encorvamiento, desarrolla una espiral que generalmente

posee una espira con autofecundación y tres a cinco vueltas con fecundación cruzada.

2.3.1.8. Estadios de madurez de la alfalfa

Existe una gran cantidad de clasificaciones para describir la fenología y la evolución del desarrollo morfológico de las plantas de alfalfa. La utilidad de definir estos estadios de madurez reside en la definición de prácticas de manejo apropiadas para el cultivo (*Basigalup, 2007*).

2.4. valor nutritivo de la alfalfa

La calidad nutricional del heno de alfalfa está en función de la interacción de diversos factores, destacando principalmente la madurez de la planta y/o rebrote, la proporción hoja: tallo, el manejo postcosecha (corte y empaque) y la presencia de maleza; algunos autores también incluyen a la radiación solar entre estos factores (*Guerrero et al., 2005*).

La madurez está estrecha e indirectamente relacionada con el valor nutricional de la alfalfa. Desde el punto de vista nutricional, el mejor momento para realizar el corte es antes de que la planta inicie la floración. Sin embargo, esto no es deseable para los agricultores puesto que en ese momento aún no se alcance el rendimiento máximo de materia seca por hectárea.

La calidad nutricional de los forrajes se puede determinar de varias maneras; una de ellas es el análisis en laboratorio del contenido de nutrientes, principalmente de proteína cruda (PC), fibra insoluble en detergente neutro (FDN) y detergente ácido (FDA) energía y fósforo. La composición de nutrientes es un buen indicador de su

calidad nutricional; sin embargo, esta debe validarse con estudios de digestión y comportamiento productivo en animales (Montoya, 2011).

El contenido de PB se usaba como medida de la calidad del heno. Sin embargo, otros factores también importantes, como el contenido de fibra, que a su vez influye en la digestibilidad y en la ingestión, contribuyen a determinar la calidad del forraje. El valor nutritivo relativo (RFV) intenta indicar la calidad del forraje y se ha convertido en una herramienta común para determinar la calidad del heno (ingesta energética y valor) y su valoración. El RFV se ha desarrollado principalmente para la alfalfa, por las características de su fibra, distinta a la de otros forrajes. El RFV se expresa como porcentaje del valor nutritivo de la alfalfa en floración completa (RFV=100). La calidad de la alfalfa pasó a medirse por otros parámetros (FAD, FND), no solo por su contenido en PB.

El RFV representó una importante herramienta en el mercado del forraje, así como en aspectos técnicos sobre la calidad del mismo. En la actualidad se está empezando a implementar otro valor de calidad de forraje denominado valor relativo de la calidad del forraje (Lloveras & Melines.,2015).

Los cambios en la calidad de la alfalfa con el avance del estado fisiológico al momento de su utilización son muy importantes, siendo el contenido de proteína el componente que presenta la mayor variación en la alfalfa en una misma temporada, así mismo la fibra detergente ácido (FDA) y la digestibilidad de la materia seca. El interés por parte de los agricultores de alcanzar altas productividades de forraje y por el valor nutritivo que aporta, ha llevado a que consideren a la alfalfa como una

alternativa para implementar en su sistema de producción de leche (Jahn *et al.*, 2000).

2.5. Producción mundial del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.)

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es considerada la principal especie forrajera del mundo (Villegas *et al.*, 2004; Cortes y Gallardo, 2005).

La alfalfa llega en el siglo XVI a América del Sur (Álvarez, 2013), proveniente de Irán y Asia Menor, con 32 millones de hectáreas, es la leguminosa más empleada como forraje en el mundo (Bouton, 2001). La alfalfa es una especie que se adapta a una gran variedad de climas, encontrándose praderas de este forraje en altitudes comprendidas entre 700 y 4000 m s. n. m., con temperaturas que oscilan entre los 15 a 25°C en el día y de 10 a 20°C en la noche (Flórez, 2015).

Nació en Turquía como cultivo hace más 9000 años y actualmente se cultiva 32 millones de hectáreas en el mundo. Desde Finlandia hasta Sudáfrica, destacado por países como Estados Unidos 32.7% de la superficie Argentina 23.4%: Rusia con el 10.5% y Canada con el 7.9%. España cultiva el 1% de la superficie mundial. (Michaud *et al.*, 1988). La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa forrajera más utilizada en la alimentación del ganado. Su crecimiento, rendimiento de forraje y longevidad dependen en gran medida, del manejo la frecuencia e intensidad de defoliación. (Marco Antonio Rivas *et al.*, 2005). La alfalfa es un cultivo que permite aumentar la carga animal, mantener el stock, mejorar la ganancia en peso o el rendimiento en producción individual de leche (Clavijo y Cadena., 2011).

2.6. Producción nacional de la alfalfa en México

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa cultivada más usada para la producción de leche y carne en México, debido a su alto rendimiento y calidad nutrimental (Rojas *et al.*, 2019).

La alfalfa frecuentemente ha sido llamada la reina de las plantas forrajeras y es la principal fuente de alimentación del ganado productor de leche, cuyas producciones ocupan cada día un lugar más importante en la alimentación del hombre (Del Pozo, 1983). A nivel nacional, los cultivos forrajeros con mayor participación son la avena forrajera con 763 mil has y con un valor económico de \$3, 448, 292. La alfalfa, prácticamente, participa en un segundo término con 377 mil hectáreas con valor económico de \$9, 400, 017. En México el cultivo de la alfalfa, se concentra en las cuencas lecheras de Durango, Coahuila, Hidalgo, Estado de México, Puebla, entre otras (Cadena, 2009).

La importancia económica y social del cultivo de la alfalfa en México radica sobre todo en la gran superficie ocupada de hectáreas sembradas tanto de riego como temporales, en el tipo y número de productores involucrados, en el tipo de regiones en que se cultiva la alfalfa y la variedad de formas de comercialización que se han generado. En México ha permitido el desarrollo de las cuencas lecheras más importantes del país por el hecho de ser utilizada como parte principal de las raciones alimenticias de los bovinos productores de leche.

En México participan 26 estados en la producción de alfalfa, en donde los principales productores de alfalfa verde en riego y temporal en el 2012 fueron

Chihuahua, Guanajuato, Hidalgo, Durango, Sonora, Baja California, Coahuila (Martínez, 2013).

2.7. Importancia de la alfalfa en el desarrollo de las cuencas lecheras en Estados Unidos de Norteamérica

Estados Unidos fue el único proveedor del insumo, por lo menos hasta el 2005. En el TLCAN se estableció una desgravación arancelaria en 10 etapas anuales para las fracciones arancelarias 12.14.10.01 (alfalfa) y 12.14.90.01 (harinas y pellets de alfalfa). Ambas fracciones representan apenas 4 % del valor total de la producción de alfalfa; sin embargo, 90 % de la superficie ocupada para la producción de alfalfa en México es sembrada con semilla importada y otro 10 % es sembrada con variedades criollas. La semilla de alfalfa (fracción 12.09.21.01) quedó libre de arancel desde 1994 y Estados Unidos provee casi 90 % de las compras que México realiza.

La importación de insumos a precios más bajos, en relación a los observados antes de 1994, por el lado del sector agrícola ha representado una amenaza para la producción interna; sin embargo, para la producción pecuaria representaba la oportunidad de producir a menores costos (Anónimo 2001). En el caso del sector lechero, se esperaba que la apertura comercial favoreciera la producción en los sistemas intensivos que presentan su principal costo de producción en la alimentación (*Ramírez et al.*, 2010).

2.8. Importancia de la alfalfa en el desarrollo de las cuencas lecheras en Canadá

México produce el 8% de la leche que se consume en América del Norte, consume menos productos lácteos que EE.UU. y Canadá, e importa grandes volúmenes de leche. Sin embargo, la producción de leche manifiesta una tendencia de crecimiento. Se estima que el déficit en el consumo de leche es del 40% de acuerdo con los consumos mínimos determinados para los productos lácteos, el Tratado es sólo bilateral entre México, Estados Unidos y Canadá mantuvo una estrategia unilateral, pero digna de consideración.

Por una parte, no entró en estas negociaciones con los productos lácteos de consumo a fin de proteger la actividad lechera en su país respecto de la superioridad competitiva de Estados Unidos. Y por otra, mantiene con México amplias relaciones en este sector, especialmente en lo que se refiere a insumos para la producción primaria e industrial. Es interesante precisar que en las negociaciones con Canadá los productos lácteos quedaron excluidos, es decir: leche en polvo o en pastilla, grasa butírica, suero y lactosuero, caseína, leche evaporada, leche condensada, leche fluida envasada, yogur, mantequilla, queso fresco, incluido lactosuero y requesón, quesos maduros y rallados.

Lo cual representaba el 27% de las importaciones de México provenientes de Canadá, mientras que el valor de las exclusiones de Canadá a México representa el cero por ciento (Valle *et al.*,1997).

2.9. Importancia de la alfalfa en el desarrollo de las cuencas lecheras en México

México produce sólo el 2% de la producción mundial y es todavía el principal importador de leche en polvo descremada (LPD) el mundo, lo que significa, en consecuencia, que es el país que destina a la compra de leche un fuerte suma de divisas (450 millones de dólares en 1998).

México produce el 8% de la leche que se consume en América del Norte, consume menos productos lácteos que EE.UU. y Canadá, e importa grandes volúmenes de leche. Sin embargo, la producción de leche manifiesta una tendencia de crecimiento. Se estima que el déficit en el consumo de leche es del 40% de acuerdo con los consumos mínimos determinados por FAO. La distribución de la producción de leche en nuestro territorio ha dado origen a la identificación de 9 cuencas lecheras, que producen el 75% de la producción nacional de leche. Entre estas cuencas lecheras destaca la de la Comarca Lagunera localizada en el centro-norte de la República Mexicana. Las empresas de esta región participan con el 30% del mercado nacional de leche pasteurizada y ultrapasreuzada (Aguilar *et al.*, 2001).

México se sitúa como un destacado importador mundial de productos lácteos y de insumos para el desarrollo de la actividad lechera, y como usuario de las tecnologías fijadas a partir del modelo de Estados Unidos y Canadá. Sólo en lo que concierne a la importación de leche en polvo para consumo directo, México ocupa el primer lugar en el mundo, lo que en términos de disponibilidad interna del producto significa un 35% del Consumo Nacional Aparente.

En términos comerciales, se considera que México es una economía que tiene amplios márgenes de “complementariedad” con la de Estados Unidos en tanto que no producen lo mismo y en lo que se coincide se presentan grados de competitividad favorables a este último país. De ahí que el punto que parece ser el de mayor interés tanto para los negociadores de Estados Unidos como para los de México, es el que se refiere a la liberación comercial, porque las grandes empresas, las transnacionales, orientan su inversión hacia las zonas en donde los costos son más bajos y desde donde puedan exportar. La leche es considerada en Estados Unidos y Canadá como un producto estratégico, en México es un producto básico y como tal es de gran importancia (Del Valle *et al.*, 1997).

2.10. Importancia para la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango

La alfalfa (*Medicago sativa* L.), es una de las leguminosas más utilizadas para la alimentación de ganado bovino en las regiones áridas y semiáridas de México (Mendoza *et al.*, 2010). El área que se cultiva con alfalfa en México, es de 156 141 hectáreas y se obtiene un rendimiento promedio de 19.8 toneladas/hectárea/año de forraje henificado (CONAGUA, 2010). Durante el ciclo agrícola 2009, se sembró una superficie de 38 501 hectárea con alfalfa en la Comarca Lagunera (El Siglo de Torreón, 2011).

Esta región se localiza entre los estados de Coahuila y Durango y está incluida en el Distrito de Riego (DDR) 017. En este distrito se acostumbra a irrigar la alfalfa con agua del subsuelo, mediante la aplicación de dos metros de lámina de agua en un sistema de riego por gravedad (CONAGUA, 2010). Este sistema presenta baja eficiencia en la aplicación del agua (Cruz y Levine, 1998). Lo anterior, ha provocado

la necesidad de incorporar otro tipo de tecnologías para el manejo y aprovechamiento del agua, así como para la aplicación de agroquímicos en la producción de cultivos (Montemayor *et al.*, 2012).

Por sus características bromatológicas y nutritivas, la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es el principal forraje de sustento para la producción de leche en el mundo. La alfalfa ocupa el 57 % (36,000 ha) de la superficie sembrada en la región Comarca Lagunera, la cual es la cuenca lechera más importante de México. Esta región, delimitada por varios municipios de los estados de Coahuila y Durango, cuenta con una población aproximada de 400,000 bovinos.

La industria lechera de esta región genera 10,000 empleos directos y mil seiscientos millones de litros leche por año. Esta población de ganado demanda para su alimentación alrededor de 3,000,000 toneladas de forraje verde anualmente, siendo la alfalfa la principal fuente de este insumo. Sin embargo, la producción de alfalfa en esta región enfrenta serios problemas de manejo de recursos de agua y suelo. El principal problema es la escasez de agua derivada de la sobreexplotación de agua subterránea para el riego de este cultivo y otros forrajes, así como de la demanda de la lámina de riego anual de este cultivo (Vázquez *et al.*, 2010).

El maíz y la alfalfa, son los dos principales cultivos forrajeros en la Comarca Lagunera de los estados de Coahuila y Durango, México, una de las principales cuencas lecheras del país (SIAP-SAGARPA, 2012). Ambos cultivos se complementan respecto a la alimentación de los animales, el maíz en el contenido de fibra requerida por los rumiantes para la digestión y la alfalfa como fuente de proteína en la producción de leche (Montemayor *et al.*, 2012).

Derivado de lo anterior, ambos cultivos son los que actualmente más se utilizan como opción forrajera en la región, el maíz en el área agrícola del Distrito de Riego 017 y la alfalfa más en áreas agrícolas de propiedad privada con abasto de agua de pozo profundo. La diversificación de cultivos diferentes a la alfalfa, se ha intensificado ante la crisis de recursos hídricos en la región, debido a las recurrentes sequías que en los últimos años se han registrado; el promedio de precipitación anual, es de 240 mm (Pedroza *et al.*, 2014).

2.11. Papel que juega la agricultura tecnificada para producir alfalfa y su impacto en la industria lechera regional

La leche y sus derivados juegan un papel fundamental en la alimentación humana. El hombre usa la leche de varios animales para su propia alimentación. Con el término leche se distingue la leche de vaca; Si se trata de leche de otros animales se especifica. La elaboración de la leche, se enfoca a la producción de leche limpia y sana, así como a su transformación en diferentes productos comestibles de larga duración. Por su alto valor nutritivo, la leche es uno de los alimentos esenciales para la alimentación humana, su creciente consumo en México y en el mundo se debe a que este producto, es una de las fuentes de proteína económicamente más accesibles y por lo tanto de mayor demanda en la población de bajos recursos.

En la Comarca Lagunera, la lechería se desarrolla bajo condiciones intensivas, siendo fundamentalmente especializada para 1997 se contó con un inventario global de 298,405 cabezas de ganado donde predomina el ganado de la raza Holstein. La alimentación del ganado se conforma básicamente por alfalfa, ensilaje de maíz y alimentos balanceados, los cuales se producen a nivel local.

La demanda de forrajes se estima en 1'144,139 toneladas y para cubrir el déficit de alimento, se importan de otras regiones del país como Chihuahua, Durango, Baja California Norte y Tamaulipas (Villareal *et al.*, 1998).

La proteína de la alfalfa ensilada es degradada por enzimas proteolíticas durante el proceso de ensilaje, lo cual ocasiona que hasta un 50 % se encuentre en forma de nitrógeno no proteico. Este cambio puede llegar a afectar la producción de leche de vacas con ensilado de alfalfa. La inclusión de la alfalfa ensilada o henificada es recomendable en 1/2 a 2/3 del forraje en las raciones para vacas lecheras de alta producción.

La inclusión de ensilados de maíz, sorgo o cereales con alfalfa en raciones para vacas lecheras permite obtener buenas producciones de leche, sin embargo, la utilización de dichos forrajes en más de un 75 % en las raciones puede disminuir el consumo y la producción de vacas altas productoras de leche (INIFAP *et al.*, 2000).

2.12. Ventajas de la producción de la leche al utilizar como fuente forrajera la alfalfa vs otros forrajes

Las vacas lecheras, al igual que otros rumiantes, pueden convertir forrajes y otros alimentos fibrosos en productos de elevada calidad nutritiva como leche y carne. Los forrajes son generalmente la fuente energética más barata para vacas lecheras. Sin embargo, la capacidad de convertir forrajes a leche está limitada por la digestibilidad de las paredes celulares del forraje. En condiciones ideales de alimentación, la digestibilidad de las paredes celulares en el tracto digestivo suele ser menor de 65%.

Según un laboratorio comercial de Minnesota (EE.UU.), la digestibilidad media de la Fibra Neutro Detergente (FND) a las 30, 120 y 240 horas fue 54 (rango: 43-64%), 71 (63-80%), y 74% (66-84%) de la FND del ensilado de maíz, y 38 (27-49%), 41 (30-52%), 42% (30-53%) de la FND del heno de alfalfa. Usando estos tiempos de la digestibilidad de la fibra en el estimador del índice de Rafrenatto del programa de racionamiento NDS, los índices de degradación de la fibra para el ensilado de maíz y el heno de alfalfa fueron 4,4 y 8,3%/hora, respectivamente. En resumen, estos datos indican que mientras que el ensilado de maíz contiene mayor cantidad de fibra digestible, el heno de alfalfa se digiere mucho más rápido (Díaz, 2017).

En producción de leche alrededor del 60% de los costos de producción corresponden a alimentación, entre los cuales las praderas de pastoreo y los forrajes conservados, en muchos casos, son los de mayor relevancia. Costos que debieran llevar a los lecheros, especialmente ante rentabilidades estrechas y para maximizar las utilidades, a hacer un uso eficiente de los recursos forrajeros. Estas cifras confirman las ventajas de la utilización eficiente del pastoreo en producción de leche. Utilizar y/o cosechar los forrajes en estado fenológico adecuado. En leguminosas al estado de prebotón-botón, máximo con 10% de floración, por cierto, antes que el trébol rosado comience a tenderse.

Antes de la emisión de la espiga, en avena en estado de grano lechoso, y en maíz en estado de grano lechoso pastoso. Realización de ensilajes con las plantas en torno al 30-32% de materia seca. En casos distintos al maíz, premarchitar el material verde. Los henos deberán hacerse con porcentajes de materia seca de 87- 89% (Cofré *et al.*, 2001).

2.13. Desventajas de la producción de leche al utilizar como fuente forrajera la alfalfa vs otros forrajes

La utilización del heno-ensilado tiene gran importancia en la alimentación de los animales, en particular del Ganado vacuno que se cría en granjas especializadas. Presenta amplias perspectivas en la organización de la alimentación de bovinos en la URSS, durante el verano, ya que la sustitución total o parcial del forraje verde por ensilado, se aproxima más el forraje verde y es más nutritivo que el ensilado.

Existe la posibilidad de aumentar el valor alimenticio de las raciones, sustituyendo el ensilado por henilado. Con esto se reducen 2-3 veces, los gastos de transporte del forraje verde a los lugares de consumo, puesto que el secado en campo reduce su masa en 2-3 veces. Las desventajas son las relativas a un mayor requerimiento de trabajo, mayor dependencia de elementos meteorológicos es muy costoso razón por la que su uso en las regiones tropicales no es común (Jiménez *et al.*, 2006).

La calidad de los henos es extremadamente variable, entre y dentro de las distintas especies forrajeras. Como único o principal ingrediente de las raciones de vacas en preparto, algunos henos (alfalfa), pueden desequilibrar el balance aniónico/catiónico, por su elevada concentración en potasio (más del 1,8 % de la MS). Además, el suministro en portarrollos es difícil de controlar y es frecuente que muchos animales no tengan acceso al alimento por cuestiones de espacio (muchas cabezas por rollo) o de competencia entre animales (generalmente las vaquillonas son desplazadas por las vacas multíparas). Además, los desperdicios que genera esta forma de suministro suelen ser muy altos (mayor al 20% de la MS total ofrecida).

Los ensilajes de maíz son recursos pobres en proteínas, calcio y fósforo. Por lo tanto, si van a formar una parte importante de la dieta se deben corregir estos nutrientes con ingredientes especiales. Como todo alimento previamente fermentado son muy palatables y ávidamente consumidos, razón por la cual pueden producir disturbios ruminales (acidosis), si se los suministra sin acostumbramiento previo (Bragachini *et al.*, 2008).

2.14. Fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo de alfalfa

La fertilización inorgánica que recibe la alfalfa tiene efecto a corto plazo, debido probablemente a que se realiza una sola aplicación al momento de establecerse el cultivo. 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 P 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), aunque tienen efectos negativos al incrementar la degradación de los suelos, impacta en los procesos de transformación química, física y biológica.

El uso de fertilizantes orgánicos está tomando mayor importancia en los programas de fertilización de la alfalfa (Jokela, 1992; James *et al.*, 1996; Miller y Donahue, 1995; Martin *et al.*, 2006), entre otras razones, por ser económicos (Powell *et al.*, 2004). La aplicación anual de 156 y 120 Mg ha⁻¹ de composta y estiércol de bovino en una sola ocasión en alfalfares, producen niveles de 115 y 99 kg ha⁻¹ de PO₄ en el suelo respectivamente (Martin *et al.*, 2006).

Las compostas generadas a partir de basura orgánica municipales, bagazos y cascarillas de cultivos aplicadas a parcelas cultivadas con alfalfa, propician producciones similares que cuando se aplica fertilizante inorgánico (Herencia *et al.*, 2007; Lestingi *et al.*, 2009), abatiendo los costos (Lestingi *et al.*, 2009) y beneficiando al suelo y plantas (Montemurro *et al.*, 2004). También, los estiércoles tanto de rumiantes como de porcinos que son generados en corrales a un bajo costo, son utilizados preferentemente secos para fertilizar los potreros y praderas mejoradas (Giasson *et al.*, 2003; Lloveras *et al.*, 2004).

Los fertilizantes orgánicos suministran entre 2 y 4 g kg⁻¹ de fósforo (Eghball, 2002), cantidades adecuadas para el principal mineral que requiere la alfalfa (Gaskell *et al.*, 2006), sin embargo, su efecto es gradual en la producción y con larga duración en el suelo (Ciria *et al.*, 2011). 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 (Flores *et al.*, 2012).

Sin lugar a dudas, el fósforo (P) es un macronutriente que tiene alto impacto en la productividad, calidad y persistencia de la alfalfa. Los estudios de respuesta al agregado de fertilizante fosfatado (superfosfato) realizados en INIA La Estanzuela cuantifican importantes incrementos de producción cuando se parte de niveles bajos de disponibilidad de P en el suelo. Contabilizando el fertilizante utilizado durante un periodo de 4 años y el incremento de producción de alfalfa producido por esos tratamientos, la eficiencia fue de un mínimo de 47 kg de materia seca/ kg P₂O₅ para la dosis más elevada (160 kg P₂O₅/ ha/ año) a un máximo de 70 kg de materia seca / kg P₂O₅ tanto para las dosis de 40 como la de 80 kg P₂O₅ / ha/ año. En

animales en crecimiento y, especialmente, en vacas lecheras en lactación es importante la concentración de P en el forraje consumido. A los efectos de ejemplificar los cambios producidos en la productividad y paralelamente en la concentración de P en las plantas de alfalfa (Guerrero *et al.*, 2005).

La producción de un cultivo depende en la calidad del abono orgánico y la correcta aplicación. Hay resultados variados en la producción de cultivos. Las 14 diferencias de producción entre fertilizantes inorgánicos y abonos orgánicos es pequeña, y no siempre favorece los sistemas agrícolas orgánicos o inorgánicos. La baja producción de plantas tratadas orgánicamente puede ser debido a cantidades de aplicación de fertilizante o pobre liberación de nutrientes. Es decir, mineralización o absorción de nutrientes.

La importancia de los abonos orgánicos en el cultivo de alfalfa radica en la necesidad de disminuir la dependencia de los productos químicos artificiales. Estos aumentan el poder buffer de suelo y en consecuencia reduce la oscilación del pH y el intercambio catiónico, lo cual aumenta la fertilidad de este y mejora la producción del cultivo. El uso de estiércol de origen animal, mediante el proceso de compostaje, minimiza efectos negativos como: emisión de gases al ambiente, lavado de nutrientes, y material orgánico. Además, este compost puede ahorrar recursos no renovables usados en la producción de fertilizantes inorgánicos, y reducir el uso de químicos perjudiciales para el ambiente y salud humana (Cordero, 2010).

La utilización de estiércol favorece un incremento de fosforo en el suelo, así como su disponibilidad al incrementarse el pH de ácido a neutro, necesario para que la alfalfa incremente su producción (Flores, 2012). En un experimento realizado por

Salazar (2010), la aplicación de 160 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino al principio del año en el cultivo de alfalfa mejoró el contenido de MO de 2 a 3 % en comparación a cuando no se fertilizó o se empleó fertilizante inorgánico. En otro trabajo, cuando se aplicó compost al cultivo de la alfalfa, este mejoró el contenido de MO del suelo (Hernández et al., 2006). La presencia de humus, contenido en abonos orgánicos, en el suelo cumple las siguientes funciones: provee elementos nutritivos; mejora la estructura, la porosidad, la retención de agua y aire en el suelo. Además, aumenta la resistencia de las plantas de alfalfa a enfermedades (FAGRO, 2000) Trinidad (1987) manifiesta que con el uso de abonos orgánicos se ha observado que el pH en suelo ligeramente ácidos o neutros tiende a aumentar. Con aplicaciones de 10 Tm/ha, durante cuatro años, el pH aumenta de 4,8 a 5,1 (Timana, 2015).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica del trabajo experimental

La Comarca Lagunera se localiza entre los paralelos ($25^{\circ} 42'$ y $24^{\circ} 48' N$) y los meridianos ($103^{\circ} 31'$ y $102^{\circ} 58' O$) teniendo una altura de 1,139 msnm, localizada en la parte Suroeste del estado de Coahuila y Noroeste del estado de Durango, al norte con el estado de Chihuahua y al sur con el estado de Zacatecas (INEGI, 2009).

3.2 Localización del experimento

El trabajo de investigación se desarrollará en el campo experimental de San Antonio de los Bravos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de la Unidad Laguna en Torreón Coahuila durante el segundo semestre de 2018, el cual se trabajará con el cultivo de alfalfa de la variedad SUNDOR.

3.3 Procedimiento experimental

El análisis se realizará en el laboratorio de suelo de la UAAAN-UL de las variables nitrógeno, fosforo, potasio, PH, materia orgánica y conductividad eléctrica, en la muestra 0-30 cm y el análisis de varianza por medio del software de Olivares FAUANL v. 2012. Para una significancia del 5%.

3.4 Descripción del método para aplicar los fertilizantes orgánicos e inorgánicos

Mediante un diseño de experimentos con bloques al azar se evaluarán 6 tratamientos de fertilización con 2 repeticiones cada uno; con arreglos de parcelas de 3 m x 10 m para una superficie de 30 m².

Las definiciones de los tratamientos se presentan a continuación:

Fertilizantes orgánicos e inorgánicos utilizados en el experimento.

Fertilizante orgánico e inorgánico	Cantidad kg y/o litros.
1 Fertilización con vermicompost a razón de	1 Kg/m ²
2 Lixiviado de vermicompost a razón de	1 Lts/m ²
3 Fertilizante sintético MAP de razón de	1.2 Kg/ cada 30 m ²
4 Sulfato de Magnesio a razón de	1.5 Kg/ cada 30 m ²
5 Solución nutritiva mineralizada a razón de	20 Lts. por cada 30 m ²
6 Testigo	

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Tal como se observa en el Cuadro 1, relacionado con el análisis de varianza sobre el nitrógeno los resultados encontrados mediante el diseño de bloque al azar es que F calculada el cual es 1.31 el cual no hay significancia en la estadística por que la F tabulada es de 5.05 el cual se dice que si la F calculada es menor que la F tabulada no hay diferencia en la estadística, el cual se comparó con la tabla de F observada de 0.05; por lo que el efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos se comportaron de manera similar.

Cuadro 1. Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración del macromineral nitrógeno (N) en las parcelas muestra.

FV	GL	SC	CM	Fc	SIG	Fo 0.05
TRATAMIENTOS	5	0.001	0.000	1.312	0.387	5.05
BLOQUES	1	0.000	0.000	0.065	0.809	
ERROR	5	0.001	0.000			
TOTAL	11	0.001			Fc =1.312< Fo =5.05	

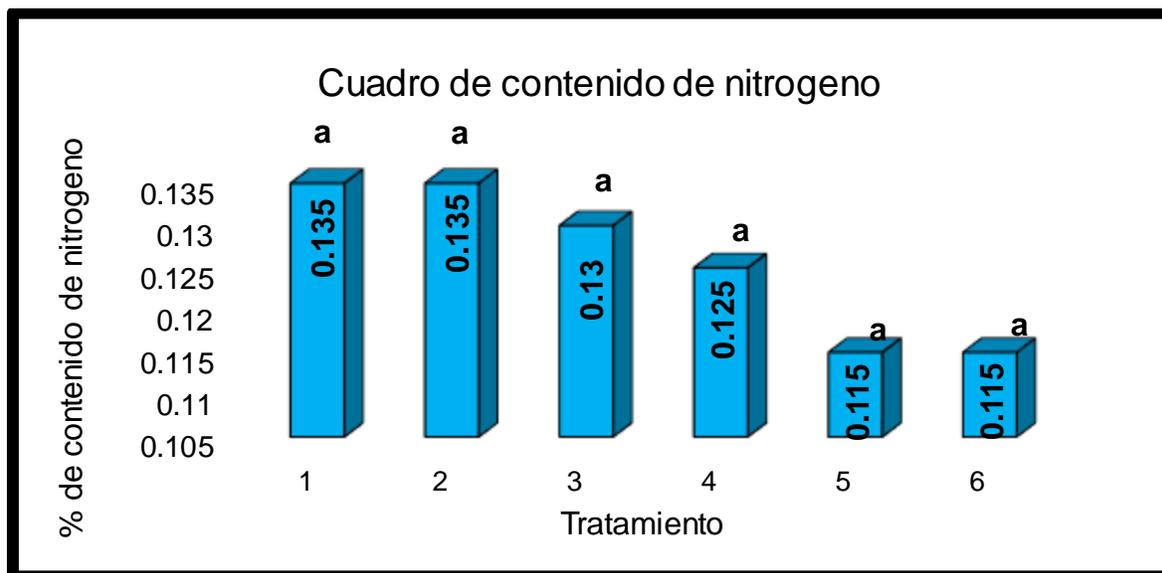
En el Cuadro 2, se presentan los valores que en promedio tiene cada uno de los tratamientos en su concentración de macromineral nitrógeno; sobresale el tratamiento 1 (fertilización de vermicompost) y el tratamiento 2 (lixiviado de vermicompost); ambos con una concentración de 0.135 que en comparación con el testigo hay una diferencia de 0.02.

Cuadro 2. concentración de medias del macromineral de nitrógeno(N) en los 6 tratamientos.

TRATAMIENTOS	MEDIA
1	0.135
2	0.135
3	0.130
4	0.125
5	0.115
6	0.115

Tal como se puede observar en el Cuadro 3, el tratamiento 1 (Fertilización con vermicompost) y el tratamiento 2 (Lixiviado de vermicompost) los que mejor concentración de nitrógeno presentaron; ambas fuentes de fertilización son de característica orgánica.

Cuadro 3. Comportamiento de la concentración de nitrógeno en promedio de (%).



En el Cuadro 4, se puede observar el análisis de varianza (ANOVA) relacionado con el macronutriente fósforo los resultados que encontramos mediante el diseño de bloque al azar donde se comparó con la F observada de 0.05 el cual la F calculada resultó ser menor que la F tabulada ($F_c: 1.955 < F_t: 5.05$) lo que implica que no hay diferencia en la estadística; por lo que el efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos se comportaron de manera similar.

Cuadro 4. Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración del macromineral fosforo en las parcelas muestra.

FV	GL	SC	CM	F	SIG	Fo(0.05)
TRATAMIENTOS	5	287.505	57.501	1.955	0.240	5.05
BLOQUES	1	22.413	22.413	0.792	0.423	
ERROR	5	147.026	29.405			
TOTAL	11	456.945			Fc:1.955<Fo:5.05	

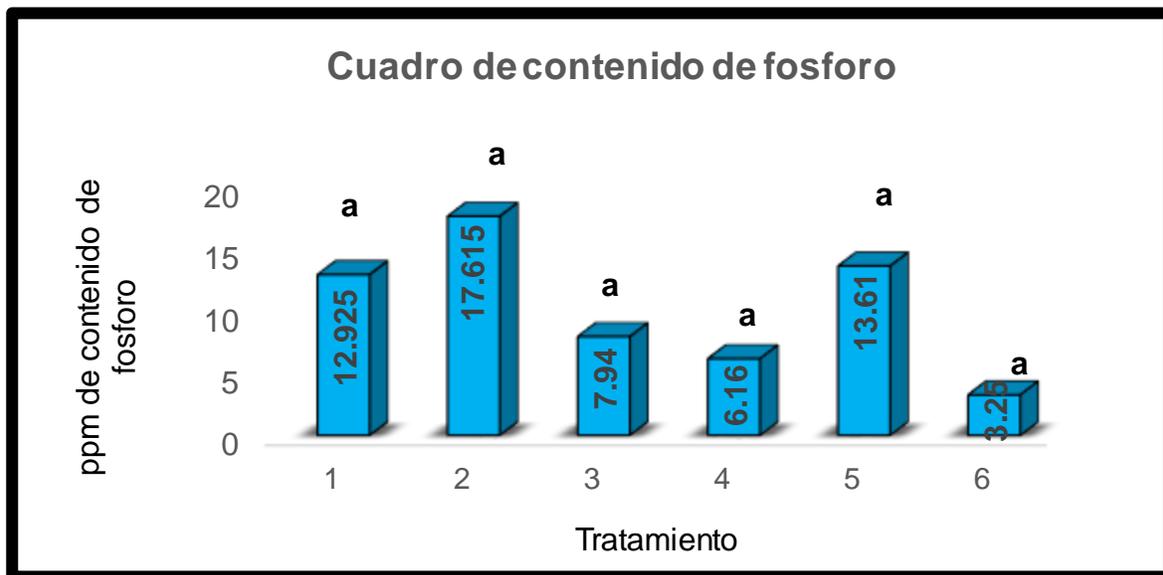
El Cuadro 5, representa los valores que en promedio tiene cada uno de los tratamientos de concentración del macromineral fosforo; el cual sobre sale el tratamiento 2 (Lixiviado de vermicompost) este con una concentración de 17.615 que en comparación con el testigo hay una diferencia de 9.675.

Cuadro 5. Concentración de medias del macromineral fosforo en los 6 tratamientos.

TRATAMIENTOS	MEDIA
1	12.925
2	17.615
3	7.940
4	6.160
5	13.610
6	3.250

En el Cuadro 6, se puede observar que el tratamiento 2 (Lixiviado de vermicompost) es este el que mejor concentración presento el macromineral fosforo en el suelo.

Cuadro 6. Comportamiento de la concentración de fósforo en promedio (ppm).



Tal como se observa en el Cuadro 7, sobre el análisis de varianza relacionado con el macronutriente potasio los resultados que se encontraron mediante el diseño de bloque al azar donde se comparó con la F observada de 0.05, el cual la F calculada resulto ser menor que la F tabulada ($F_c: 0.550 < F_t: 5.05$); se tiene por resultado con respecto al potasio no genero un efecto favorecido en cuanto a la fertilización orgánica es decir; las fuentes orgánicas en este experimento no fueron elementos diferenciador para enriquecer con potasio el suelo.

Cuadro 7. Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración del macromineral potasio (K) en la parcela de muestra.

FV	GL	SC	CM	F	SIG	Fo(0.05)
TRATAMIENTOS	5	0.686	0.137	0.550	0.736	5.05
BLOQUES	1	0.122	0.122	0.489	0.516	
ERROR	5	1.248	0.250			

TOTAL	11	2.057			Fc:0.550<Fo:5.05	
-------	----	-------	--	--	------------------	--

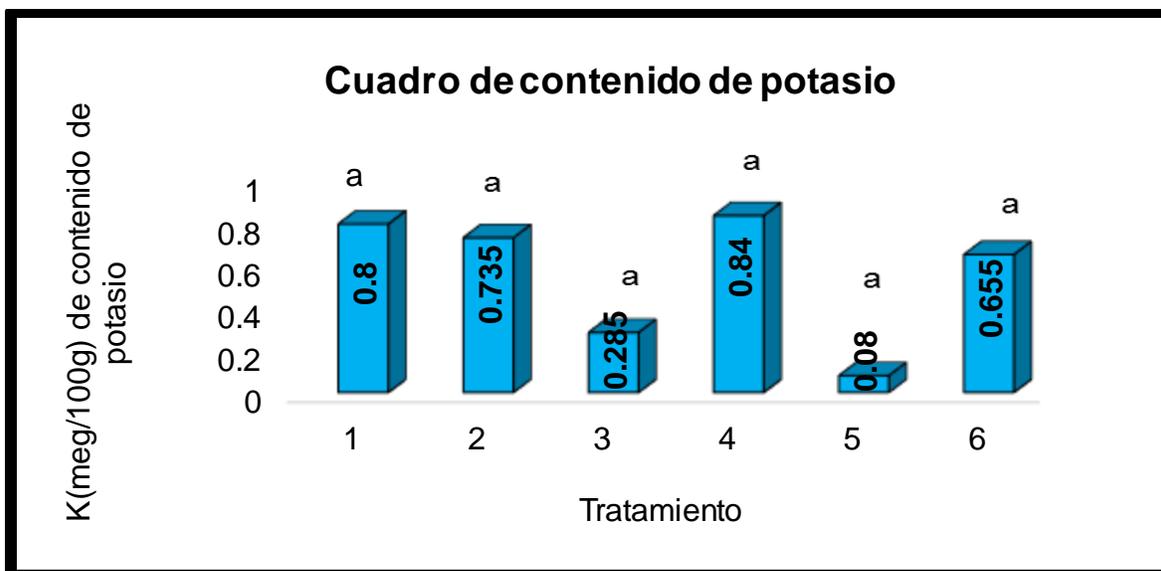
El Cuadro 8, representa los valores que en promedio tiene cada uno de los tratamientos de concentración del macromineral potasio; el cual sobresale el tratamiento 4 (Sulfato de Magnesio); este con una concentración de 0.840 que en comparación con el testigo hay una diferencia de 0.185.

Cuadro 8. Concentración de medias del macromineral potasio en los 6 tratamientos.

TRATAMIENTOS	MEDIA
1	0.800
2	0.735
3	0.285
4	0.840
5	0.080
6	0.655

En el Cuadro 9, se observa que el tratamiento 4 (Sulfato de Magnesio) es este el que mejor concentración presento el macromineral potasio en el suelo.

Cuadro 9. Comportamiento de la concentración de potasio en promedio (meq/100g).



En el análisis de varianza de materia orgánica que se representa en el Cuadro 10, se observa que la F calculada es menor que la F tabulada por lo que no hay diferencia significativa estadística ya que la F calculada resulto 0.915 y la F tabulada es de 5.05 el cual se comparó con una distribución F de 0.05; esto implica que el efecto de los fertilizantes tanto orgánicos como inorgánicos se comportaron de manera similar.

Cuadro 10. Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración de materia orgánica (M.O) en las parcelas de muestra.

FV	GL	SC	CM	F	SIG	Fo(0.05)
TRATAMIENTOS	5	0.857	0.171	0.915	0.538	5.05
BLOQUES	1	0.653	0.653	3.488	0.121	
ERROR	5	0.937	0.187			
TOTAL	11	2.447			Fc=0.915< Fo =5.05	

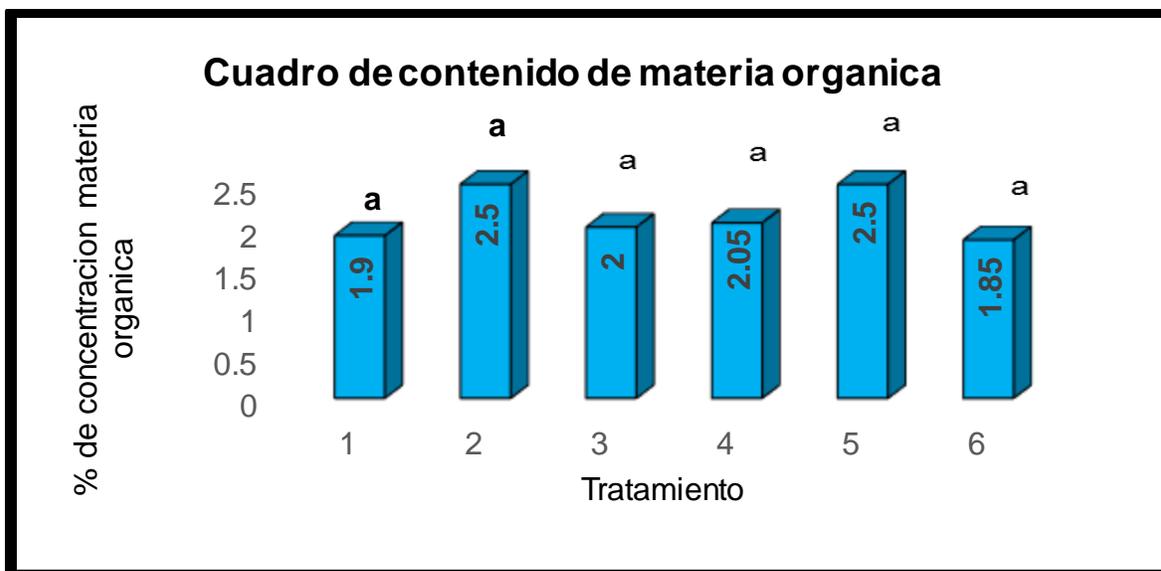
En el Cuadro 11, se muestra los valores que en promedio tiene cada uno de los tratamientos en su concentración de materia orgánica; en esta por lo cual sobresale el tratamiento 2 (Lixiviado de vermicompost) y el tratamiento 6 (testigo); ambos con una concentración de 2.500; que en comparación con el testigo hay una igualdad con el tratamiento 2.

Cuadro 11. Concentración de medias de materia orgánica en los 6 tratamientos.

TRATAMIENTOS	MEDIA
1	1.900
2	2.500
3	2.000
4	2.050
5	2.500
6	1.850

Se puede observar en el Cuadro 12, el tratamiento 2 (Lixiviado de vermicompost) y el tratamiento 6 (testigo) son estos los que mejor concentración de materia orgánica presentaron, respecto a la concentración en el suelo.

Cuadro 12. Comportamiento de la concentración de materia orgánica (M.O) en promedio de (%).



Se puede observar detalladamente en el Cuadro 13, relacionado con el análisis de varianza sobre el PH los resultados encontrados mediante el diseño de bloque al azar donde la F calculada es menor que la F tabulada ($F_c: 2.442 < F_o: 5.05$) lo que implica que no hay diferencia en la estadística el cual se comparó con la F observada de 0.05; por lo que los fertilizantes orgánicos e inorgánicos se comportaron de manera similar.

Cuadro 13. Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración de PH en las parcelas muestra.

FV	GL	SC	CM	F	SIG	Fo(0.05)
TRATAMIENTOS	5	0.087	0.017	2.442	0.175	5.05
BLOQUES	1	0.043	0.043	6.050	0.057	
ERROR	5	0.036	0.007			
TOTAL	11	0.166			$F_c: 2.442 < F_o:$ 5.05	

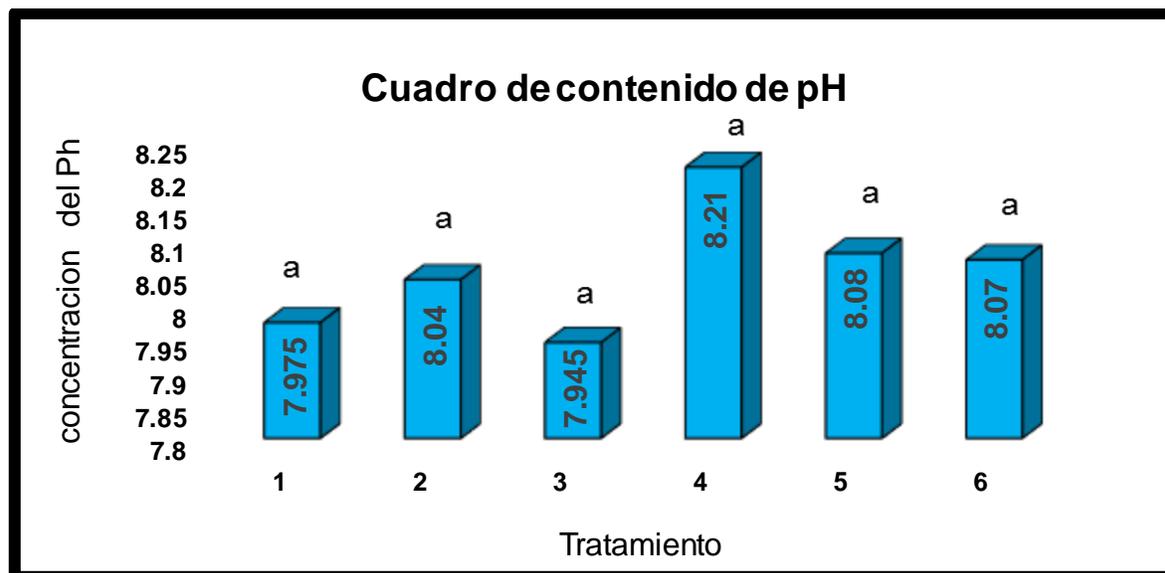
En el Cuadro 14, se presentan los valores que en promedio tiene cada uno de los tratamientos en su concentración del pH; el cual sobre salen el tratamiento 4 (Sulfato de Magnesio); este con una concentración de 8.210 que en comparación con el testigo hay una diferencia de 0.14.

Cuadro 14. Concentración de medias del PH en los 6 tratamientos.

TRATAMIENTOS	MEDIA
1	7.975
2	8.040
3	7.945
4	8.210
5	8.080
6	8.070

En el Cuadro 15, se puede observar que el tratamiento 4 (Sulfato de Magnesio) es este el que mejor concentración presento con respecto al pH en el suelo.

Cuadro 15. Comportamiento de la concentración de PH en el suelo.



En el Cuadro 16, se observan los resultados encontrados relacionado con el análisis de varianza sobre la conductividad eléctrica mediante el diseño de bloque al azar donde la F calculada es 0.649 y la F tabulada es de 5.05 el cual se dice que si la F calculada es menor que la F tabulada no hay diferencia en la estadística esto se comparó con la F observada de 0.05 el cual nos dio 5.05; esto implica que no hay significancia en la estadística por que la por lo que el efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos se comportaron de manera similar.

Cuadro 16. Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración de conductividad eléctrica en las parcelas muestra.

FV	GL	SC	CM	F	SIG	Fo(0.05)
TRATAMIENTOS	5	0.230	0.046	0.649	0.677	5.05
BLOQUES	1	0.096	0.096	1.349	0.298	
ERROR	5	0.354	0.071			
TOTAL	11	0.680			Fc:0.649 <Fo:5.05	

En el Cuadro 17, se muestra los valores que en promedio tiene cada uno de los tratamientos que refleja la conductividad eléctrica; el cual sobresale el tratamiento 1 (Fertilización con vermicompost); este con una concentración de 1.510, que en comparación con el testigo hay una diferencia de 0.445.

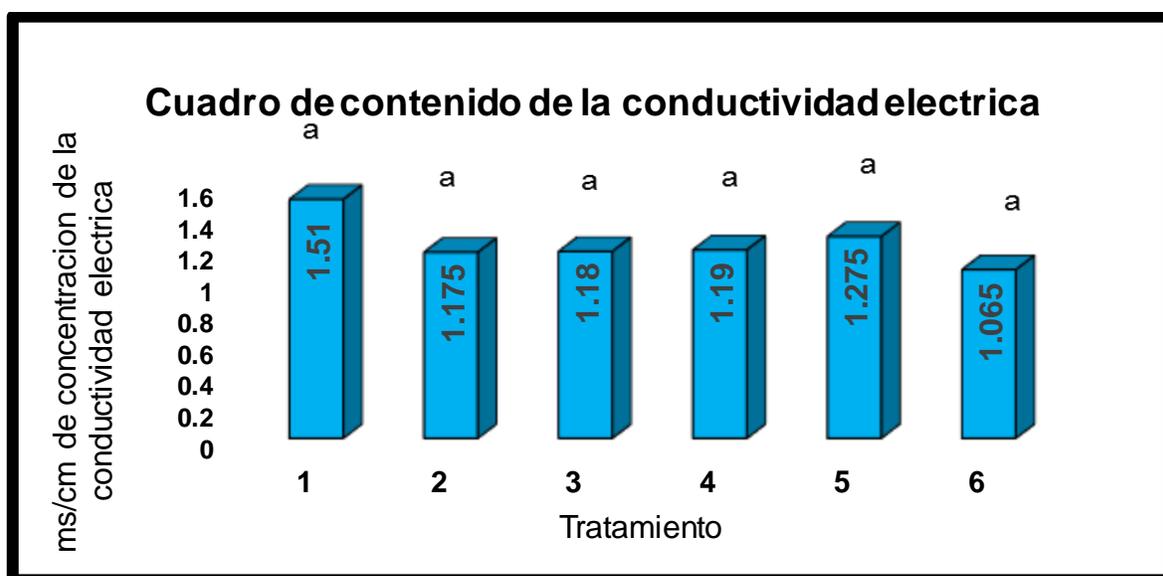
Cuadro 17. Concentración de medias de conductividad eléctrica en los 6 tratamientos.

TRATAMIENTOS	MEDIA
1	1.510
2	1.175

3	1.180
4	1.190
5	1.275
6	1.065

En el Cuadro 18, se observa que el tratamiento 1 (Fertilización con vermicompost) es este el que mejor concentración presentó con respecto a la conductividad eléctrica en el suelo.

Cuadro 18. Comportamiento de la concentración con respecto a la conductividad eléctrica en promedio de (ms/cm).



V. CONCLUSIÓN

Se concluye que el tratamiento de investigación que mejor resultado fue el de los fertilizantes orgánicos; vermicompost y lixiviado de vermicompost, resultando ser los mejores tratamiento sin llegar a una diferencia estadística los fertilizantes orgánicos que mejores aportaciones de materia orgánica y fosforo reflejaron el cual ayudó a resolver sobre la inquietud que se tenía; si la fertilización orgánica basada en vermicompost y lixiviado de vermicompost genera riqueza en el suelo en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) por lo que la hipótesis formulada se acepta de manera parcial puesto que no se logró diferencia estadística. Por lo tanto, los objetivos se cumplieron en donde fuentes orgánicas de fertilización basada en la lumbricultura mejora la calidad de nutrientes en el suelo que se ha sembrado con alfalfa (*Medicago sativa* L.) con esto se puede decir que nuevas líneas de investigación se deben encaminar a la aplicación de fertilizantes orgánicos buscando dosis óptimas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar V., A., y A. Luévano G. 2001. Situación actual de la cuenca lechera de la comarca lagunera, México. Investigadores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U-L. Miembros del Sistema Nacional de Investigadores, Torreón, Coahuila, México.
- Alejandro, M. 2005. Alfalfa: Fertilidad de suelos y estado nutricional en sistemas agropecuarios de Uruguay. Informaciones agronómicas del cono sur. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Colonia, Uruguay.
- Basigalup, D.H. 2007. El Cultivo de la Alfalfa en la Argentina. 8 ed. INTA, buenos aires, argentina. P 479.
- Bragachini A., M., Cattani P., Gallardo M., y Peiretti., J. 2008. Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. 6 ed.
- Cadena V, S. 2009. Dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa (Medicago sativa L.) en respuesta a diferentes frecuencias de cosecha. Tesis de maestría en ciencias. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas campus montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Castro G., N. P., R. Moreno R., F. Calderón S., A. Moreno., y J. V. Tamariz F. 2018. Metales pesados en leche de vacas alimentadas con alfalfa producida en suelos irrigados con aguas residuales en Puebla y Tlaxcala, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 9(3):466-485.

- Clavijo V., E., y P. C. Cadena C. 2011. Producción y calidad nutricional de la alfalfa (*Medicago sativa*) sembrada en dos ambientes diferentes y cosechada en distintos estadios fenológicos. Tesis. Licenciatura. Universidad de la Salle Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá D.C. 35 p.
- Cofré P., B y R. Velasco H. 2001. Forrajeras: calidad y costos de producción. Investigación. INIA Quilamapu, Chile.
- Del Valle R., M. D., y A. G. Álvarez M. 1997. La producción de leche en México en la encrucijada de la crisis y los acuerdos del TLCAN. Investigadora Titular del Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM y Profesor–Investigador Titular del Área de Ecodesarrollo de la Producción Animal, UAM-X. Guadalajara, Jal. México.
- Díaz, R, F. 2017. Importancia de la calidad en los forrajes en dietas de alta producción. Artículo. Frisona, España.
- Dixon F., F. D. 2015. La alfalfa (*Medicago sativa*): origen, manejo y producción. CONEXAGRO JDC. 5(1):27 – 43.
- Flores A., J.J., R. Vázquez R., J.J. Solano V., V. Aguirre F., F.I. Flores P., M.E. Bahena G., R. Oliver G., A.E. Granjeno C., y A. Orihuela T. 2012. Efecto de fertilizante orgánico, inorgánico y su combinación en la producción de alfalfa y propiedades químicas del suelo. Terra Latinoamericana. 30(3):213-220.
- Fortis H., M., J.A. Leos R., P. Preciado R., I. Orona C., J. A. García S., J. L. García H., y J. A. Orozco V. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. Terra Latinoamericana. 27(4): 329-336.

- García S., J.A., J.L. García H., y J.A. Orozco V. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. Instituto Tecnológico de Torreón, División de Estudios de Posgrado. Torreón, Coahuila, México.
- Inifap, Cirnoc, Celala. 2000. Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. Libro técnico "SAGAR". Torreón-Matamoros, Coahuila.
- Izquierdo C., F., y N. Guaytarilla. 2005. Respuesta de la fertilización con boro en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*). Cayambe, Ecuador.
- Jahn B., E., A. Vidal A., y P. Soto O. 2000. Sistema de producción de leche basado en alfalfa (*Medicago sativa*) y maíz (*zea mays*) para la zona centro sur. Consumo y calidad del forraje. *Agricultura Técnica*. 60(2): 99-111.
- JICA, CREA, INIAP. 2005. Estudio de desarrollo para la reactivación productiva y mitigación de pobreza en la región centro-sur del Ecuador. Manual técnico de cultivos agrícolas bajo riego.
- Jiménez M., F. A., R. A. Rodríguez M., R. González O. 2006. Conservación de forrajes para mejorar la productividad del ganado. 1-94 p.
- Lloveras. J., y M.A. Melines. 2015. La calidad en la alfalfa, posible clasificación. *VIDA RURAL* 9(3): 36-40.
- Luna G., M.J., C. López C., A. Hernández G., P.A. Martínez H. y M.E. Ortega C. 2018. Evaluación del rendimiento de materia seca y sus componentes en germoplasma de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 9(3): 486-505.

- Macías C., U., L. Avendaño R., R. Vicente P., F.D. Álvarez V., A. Correa C., H. González R., S. A. Soto N., & M. Mellado. 2015. Crecimiento y características de la canal de corderos finalizados con clorhidrato de zilpaterol en pastoreo de alfalfa. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 7(2):243-252.
- Martínez C., L. A. 2013. Análisis de los canales y márgenes de comercialización de la producción de alfalfa (*Medicago sativa*) en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo. Tesis. Licenciatura. Universidad autónoma agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 67 p.
- Martínez R., C.E., E. Rivas R., L. Martínez C., J. Frías R., J. Orozco V., M. Fortis H., y M. Segura C. 2011. Producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en suelo compactado a varias intensidades bajo condiciones controladas. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. 80: 189-192.
- Montemayor T., J., J. Woo R., J. Munguía L., A. Román L., M. Segura C, P Yescas C., y E. Frías R. 2012. Producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivada con riego sub-superficial y diferentes niveles de fósforo. Artículos. *Campo Experimental valle de México*.
- Montoya B., E. 2011. Variación en el contenido de nutrientes en Alfalfa (*Medicago sativa*) cosechada a diferente edad de rebrote y época del año. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California. 46 p.

- Morales C., A., y A.P. Ramírez G. 2004. Sistemas de Producción Agrícola en cultivo de alfalfa. Monografía cultivo de alfalfa. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Moreno S, G. 2007. Funciones de los nutrientes en la planta de alfalfa. Cuadernillo clásico de forrajeras. Argentina.
- Odorizzi; A. 2015. Parámetros genéticos, rendimiento y calidad forrajera en alfalfas (*Medicago sativa* L.) extremadamente sin reposo con expresión variable del carácter multifoliolado obtenidos por selección fenotípica recurrente. Tesis para optar al Grado Académico de Doctor en Ciencias Agropecuarias. Córdoba.
- Organización mundial del comercio. 1999. Medidas que afectan a la importación de leche y a las exportaciones de productos lácteos, Canadá.
- Pantaleón C, A.H. 2016. Instalación y manejo de la alfalfa en zonas alto andinas.
- Pedroza S., A., J. Ríos F., M. Torres M., J. Cantú B., C. Piceno S; y L. Yáñez C. 2014. Eficiencia del agua de riego en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y alfalfa (*Medicago sativa*): impacto social y económico. Terra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Ramírez J., R., J. A García S., J. S Mora F., y R. García M. 2010. efectos del tratado de libre comercio de américa del norte sobre la producción de leche en México. *Universidad y Ciencia*. 26(3):283-292.

- Ramírez J., R., J. A. García S., J. S. Mora F., y R. García M. 2010. Efectos del tratado de libre comercio de América del Norte sobre la producción de leche en México. Artículo. Orientación en Economía. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Rojas G., A. R., N. Torres S., M. Á. Maldonado P., J. Herrera P., P. Sánchez S., A. Cruz H., F. J. Mayren M., y A. Hernández G. 2019. Rendimiento de forraje y sus componentes en variedades de alfalfa en el altiplano de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 10(1): 239-253.
- Sánchez G., R. A., M. Servín P., H. Gutiérrez B., y A. Serna P. 2017. Eficiencia en el uso del agua de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sistema de riego subsuperficial. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 8(4):429-435.
- Sánchez H., J. E. 2005. Rendimiento y calidad de la alfalfa mediante la aplicación de fósforo y riego por goteo subsuperficial. Tesis. Doctorado Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, México. 94 p.
- Sánchez H., J. E. 2005. Rendimiento y calidad de la alfalfa mediante la aplicación de fósforo y riego por goteo subsuperficial. Tesis. Subdirección de Posgrado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- Sebastián O., A. 2015. Parámetros genéticos, rendimiento y calidad forrajera en alfalfas (*Medicago sativa* L.) extremadamente sin reposo con expresión variable del carácter multifoliolado obtenidas por selección fenotípica

- recurrente. Tesis. Doctorado. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias de Córdoba. 167 p.
- Soriano O., S. 2003. Importancia del cultivo de la alfalfa (*Medicago Sativa L*) en el estado de baja california sur. Monografía. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 122 p.
- Strauch B., O. 2012. Siembra de Alfalfa. Instituto de investigación agropecuaria. Centro regional de investigación kampeñaike. Ministerio de agricultura. Punta arena, región chile.
- Timana C., N. R. 2015. Efectos de la fertilización química-orgánica en el rendimiento de dos variedades de Alfalfa (*Medicago sativa L.*), en la Comunidad de Calpaqui, provincia de Imbabura. Tesis de grado. Universidad Técnica de Babahoyo. El Ángel, Carchi, Ecuador. 180 p.
- Torrendel M., G. Useta., y F. Pelerino. 2008. La yerba no es basura: lumbricultura y producción de Vermicompost a partir de residuos de yerba mate en Uruguay. Publicación anual del laboratorio tecnológico del Uruguay.
- Valle R., M. C., y A. G. Álvarez M. 1997. La producción de leche en México en la encrucijada de la crisis y los acuerdos del TLCAN.
- Vázquez V., C., J. García H, E. Salazar S., B. Murillo A., I. Orona C., R. Zúñiga T., E. Rueda P., y R. Pablo P. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa L.*) con diferentes dosis de estiércol bovino. Pecuarias. Mérida, México.

Villareal G., J.R., A. Aguilar V., A. Luévano G. 1998. El Impacto Socioeconómico de la Ganadería Lechera en la Región Lagunera. Revista Mexicana de Agronegocios. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México.

Wikifarmer. 2017. Requisitos del Suelo para Cultivar Alfalfa – Selección de Variedades – Manejo de las Malezas. cultivos forrajeros. Editorial de wikifarmer.com.