

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Efectos de la mineralización del alfalfa (*Medicago sativa* L.) al fertilizar con fuentes de Vermicomposta y fuentes inorgánicas de base fosfatada.**

**POR**

**ARTEMIO MERINO PÉREZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.**

**AGOSTO 2020**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Efectos de la mineralización del alfalfa (*Medicago sativa* L.) al fertilizar con fuentes de Vermicomposta y fuentes inorgánicas de base fosfatada.

POR:


**ARTEMIO MERINO PÉREZ**

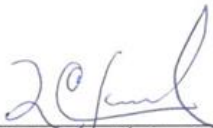
TESIS


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


**INGENIERO AGRÓNOMO**

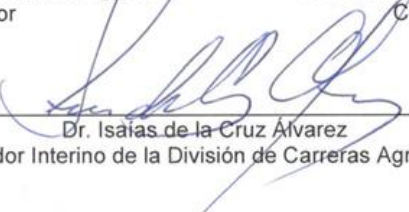
APROBADA POR:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Leonardo Rocha Valdez  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
MCA. Rafael Ávila Cisneros  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Anselmo González Torres  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Isaías de la Cruz Álvarez  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Agosto, 2020

Universidad Autónoma Agraria  
**ANTONIO NARRO**



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Efectos de la mineralización del alfalfa (*Medicago sativa* L.) al fertilizar con fuentes de Vermicomposta y fuentes inorgánicas de base fosfatada.

POR:

**ARTEMIO MERINO PÉREZ**

TESIS


Aprobada por el comité de Asesoría como requisito parcial para obtener el título de:


**INGENIERO AGRÓNOMO**


APROBADA POR:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Leonardo Rocha Valdez  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
MCA. Rafael Ávila Cisneros  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Anselmo González Torres  
Vocal Suplente

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Isaías de la Cruz Álvarez  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Agosto, 2020

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

## **AGRADECIMIENTOS**

**AL PROFESOR:** Florencio Díaz por su apoyo incondicional durante todos los semestres de mi carrera universitaria.

**AL PROFESOR:** Jorge Niño Patiño por apoyarme para los pasajes de mi lugar natal a Torreón en el inicio de mi carrera, sobretodo por ser un buen entrenador y un tutor ejemplar.

**A M.C Rafael Ávila Cisneros** por estar al pendiente para apoyarme en el inicio y final de mi proyecto de tesis y por ser un gran ser humano.

**A mis amigos:** Oscar Eduardo, Alberto Villanueva, Miguel Mendoza Cerón, Fernando Villanueva, entre otros,. Por su motivaciones, solidaridad, confianza y la amistad que me han ofrecido siempre durante toda mi carrera universitaria.

## **DEDICATORIAS**

### **A mis padres:**

Basilio Merino Hernández

Elizabeth Pérez De Jesús

Por apoyarme siempre desde el inicio y el fin de mi carrera universitaria. Gracias por esas palabras de aliento que me dieron fuerzas para continuar, por los consejos espero nunca defraudarlos, y no olviden que los amo, es un privilegio y soy feliz de ser su hijo.

### **A mi hermano:**

Wenceslao Merino Pérez

Por estar siempre pendiente y sobretodo el apoyo que me brindaste, por las palabras de ánimo, por la amistad que nos une. Deseo que siempre estemos unidos y sabes que todo este logro lo hago por la familia.

## Resumen

El presente estudio se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ubicado en la ciudad de Torreón del Estado de Coahuila. Mediante un experimento bloques al azar se determinó el contenido de los minerales de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) en 6 tratamientos y 5 repeticiones con la variedad Excellent Plus. Se aplicaron 3 tratamientos de fertilizantes orgánicos (vermicomposta 0.5 kg/7.5 m<sup>2</sup>, lixiviado de vermicomposta 0.5 l /7.5 m<sup>2</sup> y solución nutritiva), 2 fertilizantes inorgánicos (Sulfato de Magnesio 1.5 kg/7.5 m<sup>2</sup> y MAP 1.2 kg/m<sup>2</sup>) y un testigo. Fue un arreglo de 30 parcelas de 5 m x 1.5 m= 7.5 m<sup>2</sup> para cada uno de los tratamientos, para el análisis estadístico del ANOVA se utilizó el software de Olivares de la FAUANL v.2012 para un  $\alpha$  5 %. La hipótesis presentada fue: existe diferencia estadística significativa en el contenido de Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K) en la alfalfa fertilizada con fuentes orgánicos e inorgánicos. En lo relacionado al contenido de los principales minerales, el testigo presentó diferencia estadística significativa en 4 minerales que se presentan con los siguientes porcentajes: K = 1.892 %, Mg = 0.462 %, P = 0.383% y Fe =223 ppm, mientras en Calcio y Sodio (Na) no hubo diferencia estadística significativa con ninguno de los tratamientos. Sin embargo en el contenido de Ca, los fertilizantes orgánicos, la vermicomposta y el lixiviado de vermicomposta son los destacados en el porcentaje de Ca en comparación a los demás tratamientos. En caso de los fertilizantes inorgánicos, el Sulfato de Magnesio fue el que representó mejor contenido de minerales como son K, P, Na y Hierro (Fe) que el MAP. Respecto al contenido de minerales con los fertilizantes orgánicos e inorgánicos no presentó diferencia significativa, por tanto se rechaza la hipótesis planteada. Siendo el testigo el que generó mejor comportamiento en relación de minerales respecto a los demás tratamientos. Determinando que el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, para estas variables, no presentan una diferencia significativa.

**PALABRAS CLAVE:** *Medicago sativa* L., minerales, Excellent Plus, vermicomposta, fertilizantes inorgánicos.

## INDICE

<b>I.- INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1.- Objetivos</b> .....	3
<b>1.2.- Hipótesis</b> .....	3
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	4
<b>2.1.- Importancia del cultivo de la alfalfa</b> .....	4
<b>2.2.- Características Agronómicas de la alfalfa</b> .....	5
<b>2.3.- Valor nutritivo de la alfalfa</b> .....	5
<b>2.4.- Producción mundial</b> .....	6
<b>2.5.- Producción nacional</b> .....	7
2.5.1- Producción de la alfalfa en la Comarca Lagunera .....	7
<b>2.6.- Principales variedades de alfalfa en zonas áridas y semiáridas de México</b> .....	8
2.6.1- Ventajas de las variedades de alfalfa en zonas áridas y semiáridas de México.....	8
2.6.2- Desventajas de variedades de alfalfa en zonas áridas y semiáridas de México.....	9
<b>2.7.- Importancia de la variedad Excellent Plus</b> .....	9
2.7.1.- Efecto del cultivo de la alfalfa en el suelo.....	9
2.7.2- Efecto de los residuos de la alfalfa en el suelo .....	10
<b>2.8.- Origen</b> .....	11
2.8.1.- Clasificación taxonómica de la alfalfa .....	11
<b>2.9.- Características Morfológicas de la alfalfa</b> .....	12
2.9.1.- Planta.....	12
2.9.2.- Raíz .....	12
2.9.3.- Hojas.....	12
2.9.4.- Tallo .....	13
2.9.5.- Características de la flor de alfalfa.....	13
2.9.6- Semilla .....	14
<b>2.10.- Importancia del forraje seco de la alfalfa para la nutrición animal</b> .....	14
<b>2.11.- Importancia del forraje en verde de la alfalfa para la nutrición animal</b> .....	14
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b> .....	15
<b>3.1.- Ubicación geográfica del trabajo experimental</b> .....	16

<b>3.2.- Condiciones experimentales.....</b>	<b>16</b>
3.2.1.- Material genético .....	16
<b>3.3.- Preparación del suelo:.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4.-Siembra .....</b>	<b>16</b>
<b>3.5.- Labores culturales.....</b>	<b>16</b>
3.5.1.- Deshierbe .....	17
<b>3.6.- Riego .....</b>	<b>17</b>
<b>3.7.- Fertilización.....</b>	<b>17</b>
<b>3.8.- Cosecha .....</b>	<b>18</b>
<b>3.9.- Variables evaluadas .....</b>	<b>18</b>
<b>3.10.- Procedimiento y diseño experimental .....</b>	<b>18</b>
<b>3.11.- Análisis estadísticos .....</b>	<b>19</b>
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>V. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>30</b>
<b>VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>31</b>



## INDICE DE CUADROS.

CUADRO 1. Clasificación taxonomica de la alfalfa. ....	11
CUADRO 2. Dosis de fertilizantes de los tratamientos. ....	17
CUADRO 3. Diseño de las parcelas.....	18
CUADRO 4. Analisis de varianza (ANOVA) de Potasio (K).....	20
CUADRO 5. Análisis de varianza (ANOVA) de Calcio (Ca). ....	21
CUADRO 6. Análisis de varianza (ANOVA) de Magnesio (Mg).....	22
CUADRO 7. Análisis de varianza (ANOVA) de Fosforo (P).....	24
CUADRO 8. Análisis de varianza (ANOVA) de Sodio (Na). ....	25
CUADRO 9. Análisis de varianza (ANOVA) Fierro (Fe). ....	27
CUADRO 10. Análisis de varianza (ANOVA) de Nitrógeno (N). ....	28

## INDICE DE GRAFICAS.

<b>GRAFICA 1. Comparación de medias de Potasio. ....</b>	<b>21</b>
<b>GRAFICA 2. Comparación de medias de Calcio. ....</b>	<b>22</b>
<b>GRAFICA 3. Comparación de medias de Magnesio ....</b>	<b>24</b>
<b>GRAFICA 4. Comparación de medias de Fosforo. ....</b>	<b>25</b>
<b>GRAFICA 5. Comparación de medias Sodio. ....</b>	<b>27</b>
<b>GRAFICA 6. Comparación de medias de Hierro ....</b>	<b>28</b>
<b>GRAFICA 7. Comparación de medias de Nitrógeno. ....</b>	<b>29</b>

## I.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el crecimiento de la población humana, ha hecho que los sistemas de producción animal sean más eficientes en la obtención de proteína: carne y leche, con el fin de garantizar el abastecimiento para la alimentación de las poblaciones. Son diversos los factores que intervienen en esta eficiencia, siendo la más importante la nutrición animal. Los forrajes se han destacado como la el principal fuente de alimentación en las ganaderías del país, debido a su economía de producción; sin embargo, poseen limitantes en cuanto al aporte de proteína bruta y la difícil digestibilidad de algunos de sus nutrimentos. Por esta razón, se ha encontrado en las leguminosas una opción viable desde el punto de vista nutricional y económico para suplir las deficiencias ya mencionadas, permitiendo ofrecer a los bovinos una dieta balanceada (Flórez, 2015).

Frecuentemente la alfalfa ha sido llamada la reina de las plantas forrajeras y esto es cierto tanto desde un punto de vista universal como particularmente referido a nuestro país, ya que es una pieza fundamental en la alimentación del ganado en especial de producción lechera (D´ Attellis, 2015).

La alfalfa es uno de los cultivos forrajeros más importantes al nivel nacional y mundial, un alimento de calidad nutritiva para cualquier tipo de ganado. La alfalfa es conocida como un mejorador del suelo, tanto entre los pequeños agricultores como en grandes extensiones. Es una especie melífera y en razón de sus abundantes floraciones a lo largo del año es de gran interés para los apicultores. Para su cultivo en zonas cálidas, áridas (FAO, 1989).

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) tiene gran importancia por su alta producción por unidad de superficie y valor nutrimental del forraje, y porque es apetecible al ser consumida por animales diversos en estado fresco, henificada o ensilada. La alfalfa también se utiliza para mejorar la cobertura vegetal, evitar la erosión del suelo, prevenir la degradación de las praderas, y ayudar a la sostenibilidad de la agricultura y la ganadería. Al asociar esta leguminosa con alguna gramínea, la producción de la pradera aumenta, se minimiza la estacionalidad, el valor nutrimental mejora, y los costos de producción se reducen en comparación con las dietas balanceadas (Rojas y Torres, 2019).

La incorporación de residuos vegetales en suelos de regiones áridas y semiáridas es un principio importante de agricultura sostenible. La dinámica del suelo N se verá influida de manera diferente después de la incorporación de varios residuos vegetales y consecuentemente influirá en la disponibilidad de N para el cultivo sucesivo. Es de gran importancia entender el efecto del tipo de suelo sobre las transformaciones de N en suelos de residuos vegetales enmendados. Este proceso de conversión de la materia orgánica en minerales es conocido como mineralización. (Sheikh-Hosseini, A.R y Nourbakhsh, F, 2007).

Es importante conocer cuáles son los problemas que presentan los fertilizantes químicos en su aplicación, siendo estos fertilizantes las fuentes más solubles y fácil de asimilación para las plantas aunque tienen efectos negativos al incrementar la degradación de los suelos, impacta en los procesos de transformación química, física y biológica. Además contaminan por el uso inapropiado y representa un costo anual alto lo cual afecta a la economía de los ganaderos (Matson, 1997).

De acuerdo a otras investigaciones, dicho fertilizante puede traer asociados desequilibrios en el suelo que perjudiquen su fertilidad, además de provocar la contaminación al medio ambiente (Yepis et al., 1999).

La vermicomposta, otro tipo de compost, que ha atraído una atención creciente, está formado por actividades de lombrices de tierra a partir de residuos orgánicos, principalmente abonos animales. Las lombrices de tierra estabilizan los residuos orgánicos produciendo moldes de lombrices de tierra, que se llaman vermicomposta. Los moldes de lombrices de tierra son acondicionadores del suelo que tienen una alta biodisponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas. Devliegher y Verstraete (1997) informaron una mayor disponibilidad de P, Mg, Ca, Fe, Mn y Cu en suelos introducidos con una población activa de *Lumbricus sp.*, en comparación con las concentraciones minerales iniciales.

## 1.1.- Objetivos

- Objetivo general.

Comparar y analizar los rendimientos de diferentes tipos de fertilizantes en la alfalfa que se produce en la Comarca Lagunera relacionado con los principales minerales que participan en el metabolismo de los rumiantes.

- Objetivo específico.

Conocer la calidad de la alfalfa sobre el uso de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos cuantificados en su riqueza de minerales como el Ca, el Mg y K.

## 1.2.- Hipótesis

Existe diferencia estadística significativa en el contenido de Ca, el Mg y K en la alfalfa fertilizada con fuentes orgánicos e inorgánicos.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1.- Importancia del cultivo de la alfalfa.

La alfalfa es probablemente el cultivo forrajero más importante dentro de las leguminosas en la alimentación de rumiantes, con una superficie cultivada superior a 23 millones de hectáreas en el mundo, y constituye el cuarto forraje en áreas cultivables en el planeta. Los principales países que producen alfalfa son Estados Unidos, Argentina, China y Canadá, entre otros países. México es el noveno productor de alfalfa en el mundo, con una superficie cosechada de 376,421.64 ha en el 2011 (Alarcón y Cervantes, 2013).

La alfalfa es una de las especies forrajeras más importantes a nivel mundial. La popularidad de este cultivo se basa principalmente en su excelente calidad, en el gran rendimiento en materia seca y la adaptabilidad a regiones semiáridas y hasta húmedas. Además, la capacidad para fijar nutrientes de la atmósfera al suelo (nitrógeno, elemento vital para la nutrición de cultivos futuros) también la convierte en un importante componente de la sustentabilidad de los sistemas productivos. De esta forma, la alfalfa es un forraje de elección en las dietas de bovinos, caprinos, ovinos y equinos. Este alimento es una de las bases sobre las cuales se asienta la ganadería en varias regiones del mundo, esto se debe su gran potencial de producción y sus altos niveles de proteína y energía. Además de el alto contenido vitamínico, y de poseer la mayoría de los minerales que requiere el ganado productor de leche y carne, principalmente calcio, potasio, magnesio y fósforo (Tambero, 2016).

La alfalfa tiene gran importancia para alimentar el ganado lechero, por su alta producción de materia seca y contenido de proteína. Sin embargo, son pocos los estudios que se han realizado para determinar su óptimo aprovechamiento estacional, pues se han enfocado a generar recomendaciones del número de cortes que se deben de realizar sin tomar en cuenta los efectos del medio que inciden en el crecimiento y desarrollo de las plantas, en cada estación del año (Álvarez, 2012).

La alfalfa tiene ventajas que sobresalen sobre otros forrajes, como alto rendimiento y contenido de proteína, vitaminas, minerales y bajo porcentaje de fibra, por lo que es considerado adecuado para la producción de leche (Ayala, 2006).

## **2.2.- Características Agronómicas de la alfalfa**

Conocida por su riqueza en proteínas, por sus virtudes agronómicas y ecológicas, la alfalfa se presenta como embajadora de una agricultura sostenible y productiva. Además este cultivo tiene la ventaja de que una vez implantado, asegura una producción de forraje durante unos 3 a 5 años, con autonomía para la adquisición del nitrógeno durante el cultivo gracias a su simbiosis con *Rizobium*, siempre y cuando se realice un buen manejo del cultivo (Innovagri, 2018).

De acuerdo (Flórez, 2015) este forraje tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico simbióticamente, permitiendo disminuir los costos de producción en cuanto a la labores de fertilización, además de mejorar las propiedades químicas del suelo. Por otro lado, permite aumentar la capacidad de carga animal, mejorar la ganancia de peso y la productividad lechera de los predios dedicados a la producción ganadera. Por estas características y gracias a la diversidad de variedades disponibles, la alfalfa permite tener posibilidades de producción en distintos ambientes, adaptándose a un rango altitudinal que va desde los 700 a los 4000 metros sobre el nivel del mar,

## **2.3.- Valor nutritivo de la alfalfa.**

La alfalfa se considera el cultivo forrajero más empleado en el mundo, cuyo principal uso es la alimentación del ganado gracias a su excelente valor nutricional, especialmente en proteína y fibra digestible (Flórez, 2015).

Los animales obtienen la energía de los forrajes mediante la digestión y metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas. Un valor adicional de la alfalfa es que ayuda a mantener un pH adecuado en el rumen. La fibra de la alfalfa tiene una capacidad amortiguadora alta que le permite el intercambio de cationes cargados positivamente (Na, K, Mg, y Ca) por hidrógenos cuando baja el pH en el rumen (Quiroga, 2000).

La alfalfa es posiblemente, también, la planta forrajera con mayor aplicación en la producción animal. Se la considera como uno de los forrajes más completos, desde el punto de vista nutritivo, en la alimentación de los rumiantes. La fracción de mayor interés del forraje es la proteína bruta. Esta fracción nitrogenada incluye, no obstante, sustancias de muy diversas características, ya que hasta un 30% de la fracción se considera no proteica, aunque

puede ser utilizada por los rumiantes gracias a las transformaciones que dichas sustancias sufren en la panza de los animales. La parte proteica de la alfalfa es altamente soluble, de ahí que sea posible también su utilización por los monogástricos. Esta parte puede ser fraccionada fácilmente por la flora ruminal de los rumiantes, llevándola hasta formas amoniacales, que son directamente eliminadas por la orina, sin ser entonces aprovechadas por el animal. El forraje de alfalfa contiene también abundante fibra, especialmente en los tallos, cuya importancia es cada vez mayor en la alimentación de los rumiantes, y es relativamente pobre en energía. La alfalfa es una excelente fuente de minerales y vitaminas. Una ración sobre la base de alfalfa satisfaría plenamente las necesidades nutritivas del ganado en minerales. Los carotenos, que son la provitamina de la vitamina A, se encuentran en todos los forrajes verdes y muy particularmente en el de alfalfa. El ácido ascórbico o vitamina C también está presente en proporciones no despreciables. Estas vitaminas son fácilmente oxidadas y destruidas. Por ello, suelen ser importantes las pérdidas ocasionadas en heno expuestos durante mucho tiempo al aire y al sol. En lo que respecta a la vitamina D, o factor antirraquítico que regula la asimilación del calcio y el fósforo por el animal, el heno de alfalfa, realizado bajo buenas condiciones meteorológicas, constituye una provechosa fuente para los animales estabulados. Asimismo, la alfalfa es muy rica en vitamina E, la cual está relacionada, principalmente, con los procesos de reproducción (Delgado et al., 2005).

## **2.4.- Producción mundial**

La alfalfa es, probablemente, la leguminosa forrajera más importante del mundo, siendo EE.UU y Argentina los principales países productores, mientras que en Europa lo son Francia e Italia (Lloveras y Melines, 2015).

Argentina se encuentra en el segundo lugar entre los principales productores mundiales de alfalfa, detrás de Estados Unidos que lidera ampliamente el ranking global, con más de 115 millones de toneladas (M tn) en materia verde, según datos de FAO a 2017; esto pese a haber disminuido significativamente el área sembrada en más de tres millones de hectáreas (M ha) desde mediados de la década de 1990 a la actualidad.

Las estimaciones disponibles en 2015 indicaban una superficie sembrada en torno a 2,5 M ha de alfalfa pura (3,7 M ha si se considera la superficie de alfalfa consociada), de las cuales 800.000 ha se destinan a heno y 150.000 ha a silo (Giletta, 2018).



Menciona (Mateo, 2005) que se cultiva más de 30 millones de hectáreas a nivel mundial distribuyéndose un 55 % entre Estados Unidos, Canadá, Argentina y Rusia (con Siberia).

## **2.5.- Producción nacional**

Los cultivos forrajeros son importantes para la alimentación del ganado, y la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es uno de los más importantes en México y en el mundo. En México, en el año 2000 se sembraron 351, 733 ha de alfalfa y se cosecharon más de 17 millones toneladas de materia verde con un promedio anual de 52.2 t/ha (Morelos, 2006). Sin embargo, a pesar de que México ocupa el tercer lugar en producción total, en el año 2013, en el país, se registraron 31 millones de t de forraje verde en 390 mil ha cultivadas, con rendimiento promedio de 80.71 t/ha por año; siendo los estados de Chihuahua, Hidalgo y Guanajuato quienes aportaron el 46 % de la producción de todo el país (Luna y Hernández, 2018).

El estado de Chihuahua es el líder productor nacional del forraje. En 2017 destinó 86 mil 140 hectáreas para este cultivo. La venta de la alfalfa generó a los productores de esta entidad 3 mil 395 millones de pesos. México tiene un numeroso hato ganadero, que demanda un volumen continuo de forrajes en fresco. La agricultura nacional tiene capacidad para producir la mayor parte de ellos, incluso, generar un excedente en el volumen de alfalfa para su venta externa (SAGARPA-SIAP, 2018)

### **2.5.1- Producción de la alfalfa en la Comarca Lagunera**

Por sus características bromatológicas y nutritivas de la alfalfa 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 t de forraje verde anualmente, siendo la alfalfa la principal fuente de este insumo (Vázquez, 2010).

Dentro de los cultivos perennes de este 2017 se tiene que se sembraron 39 mil 772 hectáreas de alfalfa verde de las cuales se cosecharon 39 mil 702, donde la producción final

fue de tres millones 503 mil 798 toneladas con un valor de dos millones 47 mil 721 pesos (González, 2017).

El principal forraje en la comarca lagunera es la alfalfa, ya que ocupa 22 mil hectáreas que la ubican como el cultivo de mayor superficie que se dedica a la producción de forrajes; a la vez, que es el mayor componente en la dieta de los hatos bovinos lecheros. Tiene una producción anual de 24-30 toneladas de materia seca y digestibilidad entre 75-80 %. (Quiroga et al., 1991).

Uno de los problemas en la región norte, carbonífera y centro del estado, es la falta de un cultivo forrajero que produzca cantidad y calidad de forraje todo el año. Siendo una opción para ello la alfalfa, la cual, bajo la aplicación del paquete tecnológico, representa buena opción forrajera. No obstante es importante el apoyo económico para la evaluación de nuevas variedades, debido a que en el mercado es posible encontrar nuevas variedades que superan en rendimiento a la actualmente recomendada en más del 10%.(Hernández, 2015).

## **2.6.- Principales variedades de alfalfa en zonas áridas y semiáridas de México**

Los principales variedades de alfalfa que se utiliza en zona norte de México son Silverado, Júpiter, 58n57, Excelente, Gigante, Cuf-101, Sundor, Moapa y San Miguelito (Sanchez et al., 2007; Núñez et al., 2000).

### **2.6.1- Ventajas de las variedades de alfalfa en zonas áridas y semiáridas de México.**

Tienen un buen potencial de rendimiento, calidad y adaptación para ser consideradas como recomendables para su siembra y producción (Moreno et al., 2000).

Además la alfalfa es una leguminosa más utilizada para la alimentación del ganado en la Comarca lagunera y otras zonas áridas y semiáridas. Su importancia radica en la cantidad de forraje obtenido por unidad de superficie cultivada, valor nutritivo, aceptabilidad y consumo animal ya sea en estado fresco, heno o ensilada (Mendoza, 2010).

## **2.6.2.- Desventajas de variedades de alfalfa en zonas áridas y semiáridas de México**

En zonas áridas y semiáridas los costos de producción de alfalfa son altos debido, principalmente, a los costos de extracción y aplicación de agua de riego. La alfalfa, por ser un cultivo perenne que demanda riego durante todo el año, se ha catalogado como un cultivo con alta demanda hídrica y, a la vez, como ineficiente en el uso del agua, misma visualización que tiene en otras zonas alfarferas del mundo. (Quiroga y Faz, 2008).

## **2.7.- Importancia de la variedad Excellent Plus**

La importancia de esta variedad es su adaptación, rendimiento, niveles de resistencia o tolerancia a diferentes plagas y enfermedades y su producción de forraje en zonas áridas y semiáridas del país. Óptima calidad como forraje, por su alto contenido de nutrientes (principalmente proteína) y buena aceptación por el ganado. Además esta variedad logra un rendimiento de 31.77 ton/ha de materia seca y en la producción de leche logra 21. 334 L/vaca/día (Lara y Jurado. 2014).

### **2.7.1.- Efecto del cultivo de la alfalfa en el suelo**

La principal cualidad de la alfalfa, es su gran capacidad para fijar nitrógeno proveniente de la atmósfera, siendo de hasta 770 Kg/ha/año, y de 120 a 800 Kg/ha/año. Este elemento resulta crucial para el ciclo de vida de esta especie forrajera, estando presente en grandes cantidades en las rocas y en la atmósfera. Esta leguminosa posee un gran potencial productivo, alcanzando a superar los 450 Kg de proteína bruta/ha/año. La alfalfa tiene un alto grado de palatabilidad, además de favorecer la fertilidad y mejorar la estructura del suelo (Flórez, 2015).

En las rotaciones que incluyen alfalfa (*Medicago sativa* L.), ésta aporta a los cultivos siguientes una cantidad de N que conviene cuantificar como medida de sostenibilidad. (Ballestas y Lloveras, 2010).

Los efectos medioambientales del cultivo de la alfalfa son amplios y van desde sus aspectos más conocidos como son la reducción energética que supone la fijación simbiótica

del nitrógeno y a las ventajas que aporta el ser un cultivo perenne hasta aspectos paisajísticos y de conservación de la fauna (Lloveras, 1999).

### **2.7.2- Efecto de los residuos de la alfalfa en el suelo**

Hasta hace unos 50 años, la agricultura tradicional basada su producción en unas rotaciones donde las leguminosas tenían un papel importante. Las leguminosas tienen la capacidad de fijar el N un elemento deficitario en la mayor parte de los suelos del planeta, las leguminosas contribuyen así a la nutrición de cultivos posteriores que no tienen esta capacidad (Hesterman, 1988).

A modo de ejemplo, alternar dos años de alfalfa con uno de maíz permite reducir el flujo de energía gastado por el maíz un 26% (Heichel, 1978). Existen muchos estudios realizados sobre el ahorro que supone en la fertilización nitrogenada del maíz la rotación con alfalfa, un ejemplo de los cuales se presenta en la Tabla 7. En general, el valor fertilizante de la alfalfa varía según el estado del cultivo, pero la alfalfa puede dejar fácilmente alrededor de 100-150 kg N/ha al cultivo siguiente (Fox y Piekielek, 1988).

La leguminosa dificulta el ciclo de plagas y malas hierbas, favorece la acumulación de materia orgánica y mejora la estructura del suelo además de la contribución en N residual a través de la descomposición, cuando muere, de la parte aérea y radicular. La alfalfa puede considerarse también como un cultivo contaminante por la cantidad de N que deja en el suelo. El N mineralizado puede elevar el nivel de nitratos en el suelo y, no es aprovechado por un cultivo posterior, puede ser fácil lixiviado. Por otra parte insisten en que al introducir una alfalfa en una rotación se reduce el problema de la concentración de nitratos en el agua de drenaje siempre y cuando se contabilice su aportación en N y se reduzca la dosis de fertilizante nitrogenado (Cárdenas y Farías, 2004).

Además, desde el punto de vista medioambiental, no debe olvidarse la capacidad que tiene la alfalfa, debido a sus raíces profundas, para proteger el medio ambiente, absorbiendo y utilizando los nitratos del suelo, reduciendo los posibles efectos contaminantes de los nitratos de cultivos anteriores (Kelling y Schmitt, 1996).

## 2.8.- Origen

En la actualidad está extendida prácticamente por todo el mundo, se fija su área de origen en Asia menor y sur del caucaso, abarcando esta zona geográfica de Turquía, Siria e Irán, Afganistán, parte occidental de Pakistán y Cachemira (D´ Attellis, 2005).

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. Se considera a esta leguminosa, como una especie de días largos, y en aquellas regiones en donde el fotoperiodo es mayor a 12 horas, su floración es más abundante. Su desarrollo se ve afectado en suelos con pH menor a 5.0, prefiriendo suelos profundos, con buen drenaje, alcalinos, tolerando moderadamente la salinidad y siendo resistente a periodos de sequía, gracias a su sistema radicular que le permite obtener agua de capas profundas del suelo (Vázquez, 2015).

### 2.8.1.- Clasificación taxonómica de la alfalfa

CUADRO 1. Clasificación taxonómica de la alfalfa.

REINO VEGETAL	
División	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Papilionoideae
Tribu	rifolieae
Género	<i>Medicago</i>
Especie	<i>sativa</i>

Fuente: <http://www.agroamazonas.gob.pe/documentos/estudios/items>. (2002).

## **2.9.- Características Morfológicas de la alfalfa**

### **2.9.1.- Planta**

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una planta perenne, de crecimiento erecto, tallo poco ramificado de 60 a 100 cm de altura; tiene hojas trifoliadas, con un pedicelo intermedio más largo que los laterales, foliolos ovalados, generalmente sin pubescencia, con márgenes lisos y bordes superiores ligeramente dentados (SAGARPA, 2008).

Esta planta varía un poco según la variedad, el medio ambiente donde se encuentre y la temperatura. Los tallos son delgados, sólidos o huecos y la raíz es pivotante y alcanza varios metros de longitud, con una corona, de la cual emergen los rebrotes, que dan origen a los nuevos tallos; las flores son de color azul o púrpura, dependiendo de la variedad (Del Pozo, 1983).

### **2.9.2.- 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 solo 2 a 4 años de vida, de modo que la posibilidad de extraerla de las capas profundas del suelo le ha conferido a la alfalfa su reputación de tolerante a la sequía. La raíz principal de la planta emerge cerca de hilio y de ella puede o no partir un variado número de raíces secundarias o laterales. El sistema radical de la alfalfa puede clasificarse en cuatro tipos: raíz pivotante o típica (axonomorfa), ramificada, rizomatosa y rastrera (Horacio, 2007).

La raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada, llegando a profundidades de 1.5 m a dos m. durante su primera estación de crecimiento, (en plantas de 3 años puede medir hasta 5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarias. Posee una corona que sale del terreno, de la cual emergen brotes que dan lugar a los tallos (Hanson, 1972).

### **2.9.3.- Hojas**

Las primeras hojas verdaderas después de los cotiledones son unifoliadas. Posteriormente, las hojas normales son trifoliadas, pecioladas, con foliolos peciolados,

particularmente el central. Los folíolos adoptan distintas formas más o menos oblongos y ovalado-oblongos, dentados hacia sus ápices con escasas estipulas en forma de lezna adherida al pecíolo. El pecíolo es a modo de un pequeño tallo que une al raquis al resto de la planta. Los folíolos son como pequeñas hojas, el conjunto de las cuales forman la hoja propiamente dicha. El haz o cara superior de los folíolos suelen ser de un verde más intenso que el envés o cara inferior, generalmente más pubescente y con marcadas nerviaciones (Morua, 1997).

#### **2.9.4.- Tallo**

La alfalfa presenta tallos erectos. Durante el periodo de desarrollo posterior a la nacencia, entre los cotiledones se producen yemas axilares que dan origen a los primeros tallos. En los tallos, las primeras yemas axilares crecen tanto más deprisa cuanto más cerca estén del primer nudo florífero. Los viejos se lignifican, endurecen y mueren, mientras otros nuevos se desarrollan a la salida del verano. Los tallos erectos, suelen alcanzar una altura de 60 a 90 cm. Puede haber de 5 a 25 o más tallos por planta, que nacen de una corona leñosa, de la que rotan nuevos tallos, cuando los viejos, maduran o se cortan (De la loma, 1966).

#### **2.9.5.- Características de la flor de alfalfa**

Son pentámeras, con 5 pétalos distintos que reciben los siguientes nombres:

- Estandarte: pétalo superior, que suele ser el de mayor tamaño.
- Alas: situadas a ambos lados del estandarte
- Quilla: son los dos últimos pétalos delanteros que están soldados por uno de sus bordes.

El cáliz consta de cinco sépalos unidos a la base.

El androceo (parte masculina de la flor), está formado por 10 estambres soldados en dos paquetes.

El pistilo (parte femenina), está formado por una sola hoja carpelar y se distinguen en él con claridad el ovario, el estilo y el estigma. El ovario tiene una sola fila de óvulos. El estilo es

filiforme y termina en un estigma apical. El estilo y el estigma, junto con los estambres, se encuentran todos envueltos y protegidos por la quilla.

### **2.9.6- 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 el verde oliva a distintas tonalidades de marrón. Las semillas, en estado maduro, tienen aproximadamente 1-2 mm de longitud por 1- 2 mm de ancho y 1 mm de espesor. Están constituidas por el funículo, el tegumento (testa), el embrión y el albumen. El funículo es el que mantiene unida la semilla al fruto; al secarse, se desprende y forma una cicatriz llamada hilio. El tegumento o testa es la capa externa que rodea al embrión y le brinda protección, siendo además el responsable del color de la semilla (Spada y Rodríguez, 2007).

### **2.10.- Importancia del forraje seco de la alfalfa para la nutrición animal**

En este sentido, cuanto más larga sea la fibra de la alfalfa, la estimulación en el rumen será mayor. De igual manera, estimula la salivación, con lo que aumenta la cantidad de bicarbonato al rumen a través de la saliva, que ayudará a controlar el pH. Cuando se elabora heno de alfalfa, se recoge en pacas y se deja secar en el campo. El proceso se debe hacer con máquinas para conservar la planta, porque de lo contrario se podrían perder hojas si se recoge con excesiva humedad. El heno ofrece los siguientes aportes: 84,3 % de materia seca, 14 % de proteína y 55 % de fibra (Roldán, 2017).

### **2.11.- Importancia del forraje en verde de la alfalfa para la nutrición animal**

La alfalfa en verde constituye una excelente forma de utilización por su buena calidad y digestibilidad. Lo recomendable es usarlo al corte o pastoreo. La alfalfa debe proporcionarse a los animales de alta producción teniendo cuidado al timpanismo (Quito, 2009).

La alfalfa contiene una considerable concentración de azúcares del grupo de los monosacáridos glucosa y fructosa como también la sacarosa; 0,3% de glucosa. 0,4% de



fructosa, 2,7% de sacarosa y 0,6% de oligosacáridos, como azúcares estructurales obtuvo celulosa 21,2%, hemicelulosa 14,2% lignina 11,5% estos datos reflejan entre la edad vegetativa juvenil de la planta a floración media.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1.- Ubicación geográfica del trabajo experimental**

El presente estudio se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ubicado en la ciudad de Torreón del Estado de 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.

### **3.2.- Condiciones experimentales**

El experimento se realizó en el campo, con uso de riegos y fertilizantes orgánicos e inorgánicos, con una preparación de suelo previa a la siembra.

#### **3.2.1.- Material genético**

Para el material genético se utilizó semilla de la variedad Excellent Plus.

### **3.3.- Preparación del suelo:**

La preparación del suelo se realizó una rastra de 20 cm de profundidad el día 24 de septiembre de 2018, en un terreno de 7.5 m de ancho y 30 m de largo.

### **3.4.-Siembra**

Para la siembra de la alfalfa (*Medicago Sativa*) se utilizó el método de siembra al boleó, con espacios entre líneas de 15 cm. La variedad utilizada fue Excellent Plus, la densidad de semilla es de 20 kg por ha. La fecha de siembra fue el 1 de noviembre de 2018 y se realizó en suelo seco.

### **3.5.- Labores culturales**

Se realizaron desheirbes a mano.

### 3.5.1.- Deshierbe

Se realizaron tres deshierbes antes del primer corte los cuales se realizó el 6, 18, y 26 de noviembre de 2018.

### 3.6.- Riego

El sistema de riego que se utilizó en el cultivo fue por gravedad. Se aplicó el primer riego de auxilio el 7 de octubre, el segundo se realizó el 15 noviembre y tercer riego se aplicó el 28 de noviembre de 2018 con una lámina de 15 cm.

### 3.7.- 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. Para completar la dosis de fertilización de cada tratamiento se utilizaron fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Se fertilizó exceptuando la solución nutritiva el día 29 de septiembre de 2018. La aplicación del último tratamiento, la solución nutritiva se aplicó el día 17 octubre del mismo año.

CUADRO 2. Dosis de fertilizantes de los tratamientos.

Tratamientos	Vermicomposta kg/m <sup>2</sup>	Lixiviado de vermicomposta L/m <sup>2</sup>	Fertilizante sintético MAP kg/m <sup>2</sup>	Sulfato de magnesio kg/m <sup>2</sup>	Solución nutritiva mineralizada L/m <sup>2</sup>
1	0.5	0	0	0	0
2	0	0.5	0	0	0
3	0	0	1.2	0	0
4	0	0	0	1.5	0
5	0	0	0		0.33
6	0	0	0	0	0

### 3.8.- Cosecha

Se realizó la cosecha cuando el cultivo presente tuvo el 10% de floración.

### 3.9.- Variables evaluadas

Se determinó el porcentaje de los principales minerales que participan en el metabolismo de los rumiantes que son K, Mg, Ca, Fe y Na por diferentes tratamientos.

### 3.10.- Procedimiento y diseño experimental

Mediante un diseño experimental de bloque al azar se evaluó 6 tratamientos de fertilización con 5 repeticiones cada uno; parcelas de 1.5 m x 5 m para una superficie de 7.5 m<sup>2</sup> en espacios geográficos de la Comarca Lagunera. (Rocha y Ávila, 2017).

La definición de los tratamientos se presenta a continuación:

A= Fertilización con Vermicomposta a razón de 0.5 Kg/ 7.5m<sup>2</sup>

B= Lixiviado de Vermicomposta a razón de 0.5 L/7.5m<sup>2</sup>

C= Fertilizante sintético MAP de razón de 1.2 Kg por cada 7.5m<sup>2</sup>

D=Sulfato de magnesio a razón de 1.5Kg por cada 7.5m

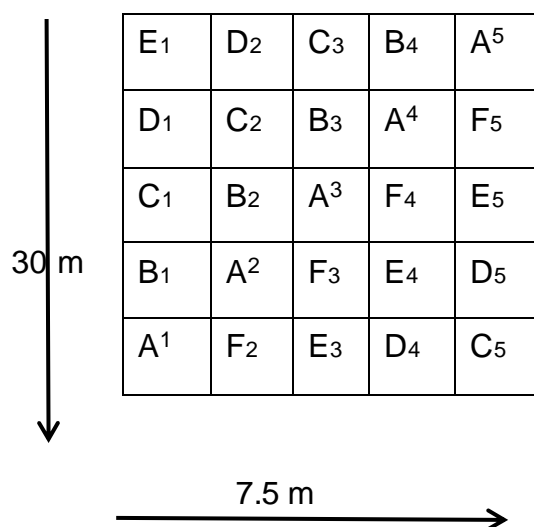
E= Solución nutritiva mineralizada a razón de 0.33 L por cada 7.5 m<sup>2</sup> y

F= Testigo

Se trazó el terreno en bloques al azar con 6 tratamientos con 5 repeticiones en día 28 de septiembre.

CUADRO 3. Diseño de las parcelas.

F <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------



El análisis bromatológico y de mineralización se realizara con el método AGROLAB®

### 3.11.- Análisis estadísticos

- El análisis de varianza por medio del software de Olivares FAUANL v. 2012. Para una significancia del 5%. Se espera que haya diferencia estadística significativa en los porcentajes de los principales minerales que participan en el metabolismo de los rumiantes, fertilizada con fuentes orgánicas e inorgánicas.

#### IV. RESULTADOS.

CUADRO 4. Analisis de varianza (ANOVA) de Potasio (K).

El cuadro 4 permite observar diferencia estadística entre los tratamientos relacionado con K, pues la  $F_c$  es mayor a la  $F_t$ ; más adelante se presenta la comparación de medias.

FV	GL o gl	SC	CM	$F_c$	$F_t$
Tratamientos	$t - 1$ $6 - 1 = 5$	2.069	0.414	9.960	<b>2.71</b>
Bloques	$b - 1$ $5 - 1 = 4$	0.051	0.013	0.309	
Error	$(t - 1)(b - 1) =$ $(5)(4) = 20$	0.831	0.042		
Total	$5 + 4 + 20 = 29$	2.952			

Gl tratamiento = 5 = horizontal en la tabla de la F para un alfa de 5%

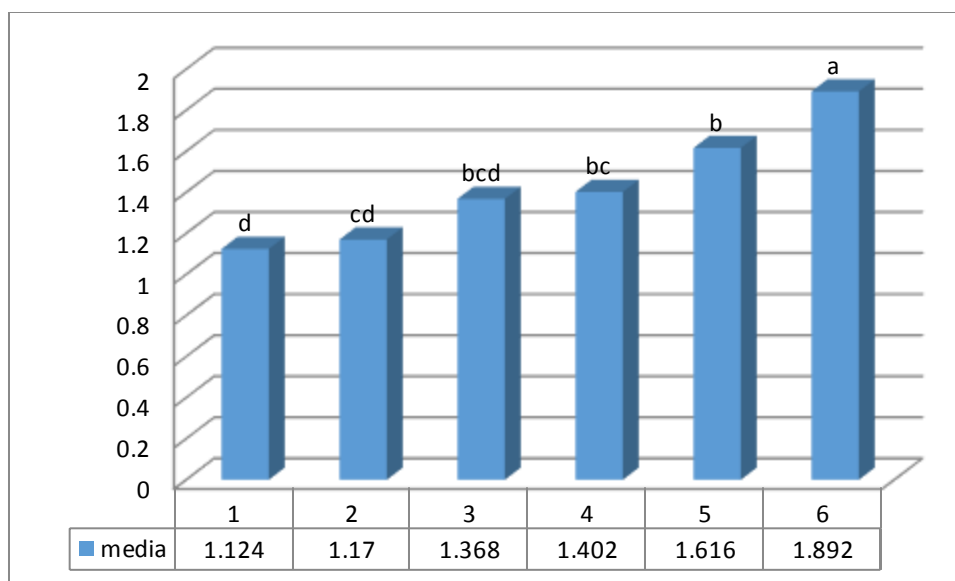
Gl del error = 20 = Vertical en la tabla de la F

Valor de cruce = 2.71

$F_c = 9.960 > F_t = 2.71$ ; Es decir si hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Cómo se puede observar en la gráfica 1, hay diferencia de letras en los tratamientos es decir, hay diferencia estadística entre los mismos. Además se puede añadir que fue el tratamiento 6 que es el testigo fue el que mejor comportamiento generó en relación a la variable Potasio (K) con una cantidad de 1.892 %.

GRAFICA 1. Comparación de medias de Potasio.



CUADRO 5. Análisis de varianza (ANOVA) de Calcio (Ca).

El cuadro 5 no muestra diferencia estadística entre los tratamientos relacionados con Ca, pues la  $F_c$  es menor a la  $F_t$ , más adelante se presenta la comparación de medias.

FV	GL o gl	SC	CM	$F_c$	$F_t$
Tratamientos	$t - 1$ $6 - 1 = 5$	0.091	0.018	1.951	<b>2.71</b>
Bloques	$b - 1$ $5 - 1 = 4$	0.006	0.002	0.164	
Error	$(t - 1)(b - 1) =$ $(5)(4) = 20$	0.187	0.009		
Total	$5 + 4 + 20 = 29$	0.285			

Gl tratamiento = 5 = horizontal en la tabla de la F para un alfa de 5%

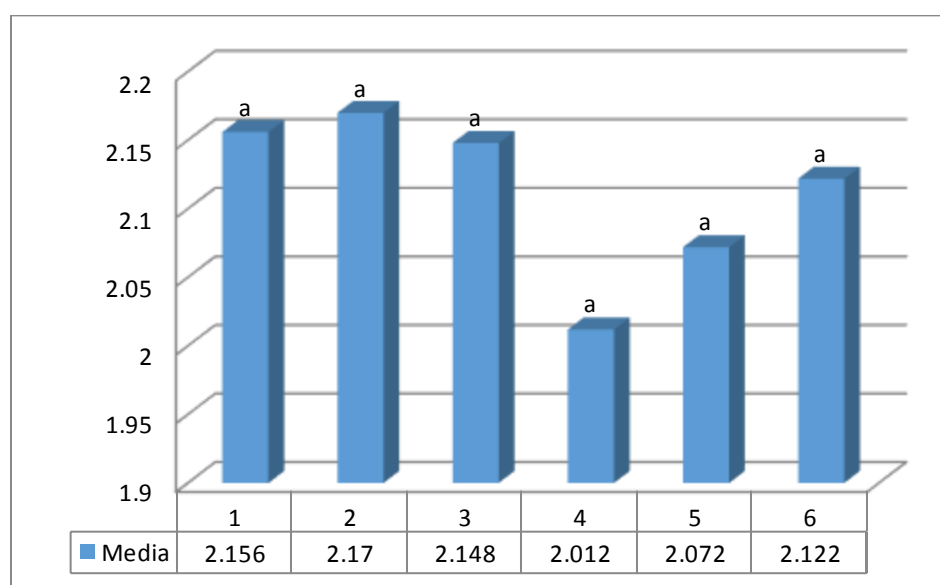
Gl del error = 20 = Vertical en la tabla de la F

Valor de cruce = 2.71

$F_c = 1.951 < F_t = 2.71$ ; Es decir no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

En la gráfica 2, en la comparación de medias se observa que no hay diferencia de letras entre los tratamientos, es decir no hay diferencia estadística entre los mismos. Esto quiere decir que ninguno de los tratamientos generó comportamiento diferente. Con relación a Calcio (Ca). Sin embargo los fertilizantes orgánicos que son la vermicomposta y el lixiviado de vermicomposta superan la cantidad de % de Ca que los fertilizantes inorgánicos que son MAP Y  $MgSO_4$ .

GRAFICA 2. Comparación de medias de Calcio.



CUADRO 6. Análisis de varianza (ANOVA) de Magnesio (Mg).

El cuadro 6 muestra diferencia estadística entre los tratamientos relacionados con Mg, pues la  $F_c$  es mayor a la  $F_t$ , más adelante se presenta la comparación de medias.



FV	GL o gl	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	t - 1 6 - 1 = 5	0.135	0.027	5.965	<b>2.71</b>
Bloques	b - 1 5 - 1 = 4	0.018	0.005	1.015	
Error	(t - 1)(b - 1) = (5)(4) = 20	0.090	0.005		
Total	5 + 4 + 20 = 29	0.243			

Gl tratamiento = 5 = horizontal en la tabla de la F para un alfa de 5%

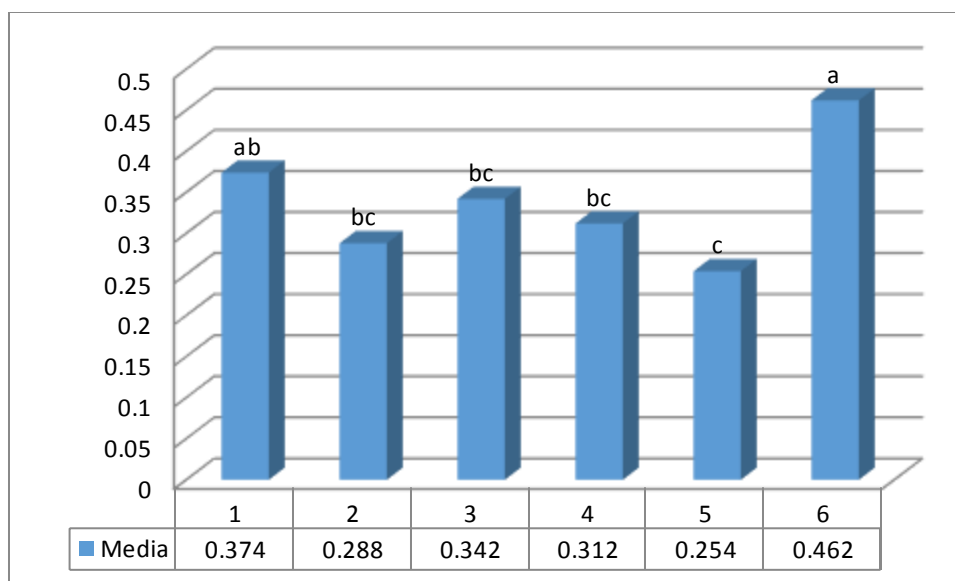
Gl del error = 20 = Vertical en la tabla de la F

Valor de cruce = 2.71

$F_c = 5.965 > F_t = 2.71$ ; Es decir si hay diferencia significativa entre los tratamientos.

En la gráfica 3, en la comparación de medias se observa que si hay diferencia de letras entre los tratamientos, es decir si hay diferencia estadística entre los mismos. Además se puede añadir que fue el tratamiento 6 que es el testigo resultó ser el que mejor comportamiento generó en relación al variable Magnesio (Mg) con una cantidad de 0.462 foliar %. Como también se observa que el segundo tratamiento que generó comportamiento fue el tratamiento 1 que es la Vermicomposta con una cantidad de 0.374 % en foliar.

GRAFICA 3.Comparación de medias de Magnesio



CUADRO 7. Análisis de varianza (ANOVA) de Fosforo (P).

El cuadro 7 muestra diferencia estadística entre los tratamientos relacionados con P, pues la  $F_c$  es mayor a la  $F_t$ , más adelante se presenta la comparación de medias.

FV	GL o gl	SC	CM	$F_c$	$F_t$
Tratamientos	$t - 1$ $6 - 1 = 5$	0.072	0.014	24.56	<b>2.71</b>
Bloques	$b - 1$ $5 - 1 = 4$	0.004	0.001	1.555	
Error	$(t - 1)(b - 1) =$ $(5)(4) = 20$	0.012	0.001		
Total	$5 + 4 + 20 = 29$	0.088			

Gl tratamiento = 5 = horizontal en la tabla de la F para un alfa de 5%

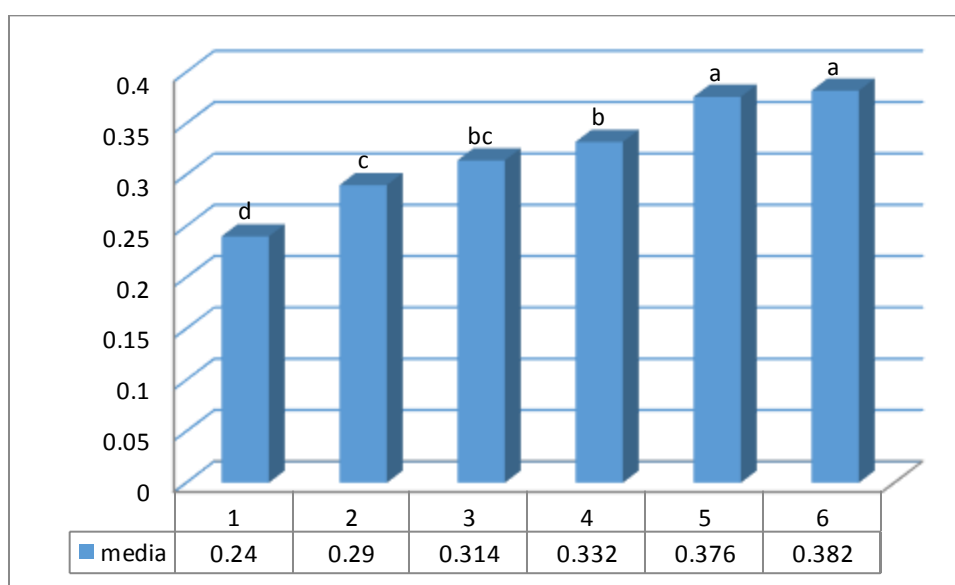
Gl del error = 20 = Vertical en la tabla de la F

Valor de cruce = 2.71

$F_c = 24.56 > F_t = 2.71$ ; Es decir si hay diferencia significativa entre los tratamientos.

A continuación se observa en la gráfica 4 las diferencias de letras en los tratamientos, es decir que si hay diferencia estadística entre los mismos. Entonces se puede añadir que los tratamientos 6 (testigo) y 5 (solución nutritiva) son los que mejor comportamiento generó en relación a la variable Fosforo (P), que el 6 representó con una cantidad de 0.382 % de P y 5 con la cantidad de 0.376 % de P.

GRAFICA 4.Comparación de medias de Fosforo.



DMS = 0.032

CUADRO 8. Análisis de varianza (ANOVA) de Sodio (Na).

El cuadro 8 no muestra la diferencia estadística entre los tratamientos relacionados con Na, pues la  $F_c$  es menor a la  $F_t$ , más adelante se presenta la comparación de medias.

FV	GL o gl	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	t - 1 6 - 1 = 5	0.000	0.000	0.877	<b>2.71</b>
Bloques	b - 1 5 - 1 = 4	0.000	0.000	0.911	
Error	(t - 1)(b - 1) = (5)(4) = 20	0.001	0.000		
Total	5 + 4 + 20 = 29	0.002			

Gl tratamiento = 5 = horizontal en la tabla de la F para un alfa de 5%

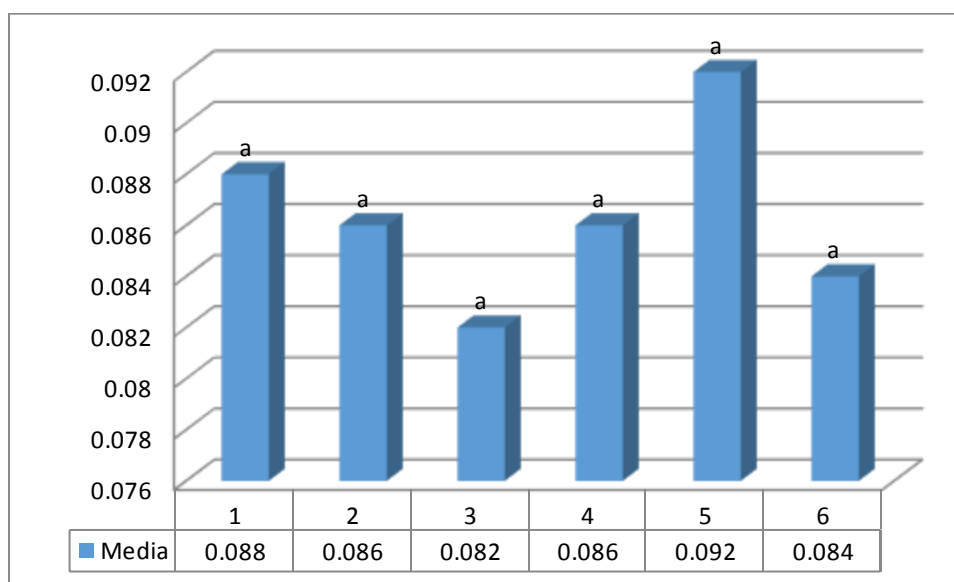
Gl del error = 20 = Vertical en la tabla de la F

Valor de cruce = 2.71

$F_c = 0.877 < F_t = 2.71$ ; Es decir no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

En la gráfica 5, en la comparación de medias se observa que no hay diferencia de letras entre los tratamientos, es decir no hay diferencia estadística entre los mismos. Esto quiere decir que ninguno de los tratamientos generó comportamiento con relación a la variable Sodio (Na). Pero el tratamiento 5 supera a otros tratamientos con una cantidad de 0.092 % de Na.

GRAFICA 5.Comparación de medias Sodio.



CUADRO 9. Análisis de varianza (ANOVA) Hierro (Fe).

El cuadro 9 muestra la diferencia estadística entre los tratamientos relacionados con Fe, pues la  $F_c$  es menor a la  $F_t$ , más adelante se presenta la comparación de medias.

FV	GL o gl	SC	CM	$F_c$	$F_t$
Tratamientos	$t - 1$ $6 - 1 = 5$	23834.695	4766.939	4.464	<b>2.71</b>
Bloques	$b - 1$ $5 - 1 = 4$	3329.421	832.355	0.779	
Error	$(t - 1)(b - 1) =$ $(5)(4) = 20$	21358.647	1067.932		
Total	$5 + 4 + 20 = 29$	48522.763			

Gl tratamiento = 5 = horizontal en la tabla de la F para un alfa de 5%

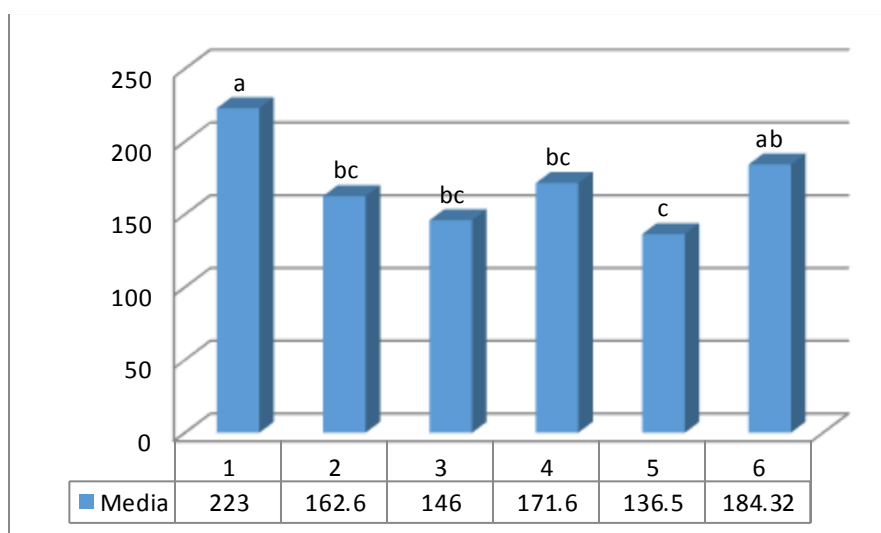
Gl del error = 20 = Vertical en la tabla de la F

Valor de cruce = 2.71

$F_c = 9.960 > F_t = 2.71$ ; Es decir si hay diferencia significativa entre los tratamientos.

A continuación se observa en la gráfica 6 las diferencias de letras en los tratamientos, es decir que si hay diferencia estadística entre los mismos. Entonces se puede añadir que el tratamiento 1 (vermicomposta) fue el que mejor comportamiento generó en relación a la variable Hierro (Fe), que representó con una cantidad de 223 ppm de Fe. Como también se observa que el tratamiento 6 (solución nutritiva) fue el segundo mejor con la cantidad de 184.32 ppm de Fe.

GRAFICA 6.Comparación de medias de Hierro



DMS= 43.114

CUADRO 10.Análisis de varianza (ANOVA) de Nitrógeno (N).

El cuadro 10 no muestra la diferencia estadística entre los tratamientos relacionados con N, pues la  $F_c$  es menor a la  $F_t$ , más adelante se presenta la comparación de medias.

FV	GL o gl	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	t - 1 6 - 1 = 5	0.191	0.038	1.256	<b>2.71</b>
Bloques	b - 1 5 - 1 = 4	0.350	0.087	2.880	
Error	(t - 1)(b - 1) = (5)(4) = 20	0.607	0.030		
Total	5 + 4 + 20 = 29	1.147			

Gl tratamiento = 5 = horizontal en la tabla de la F para un alfa de 5%

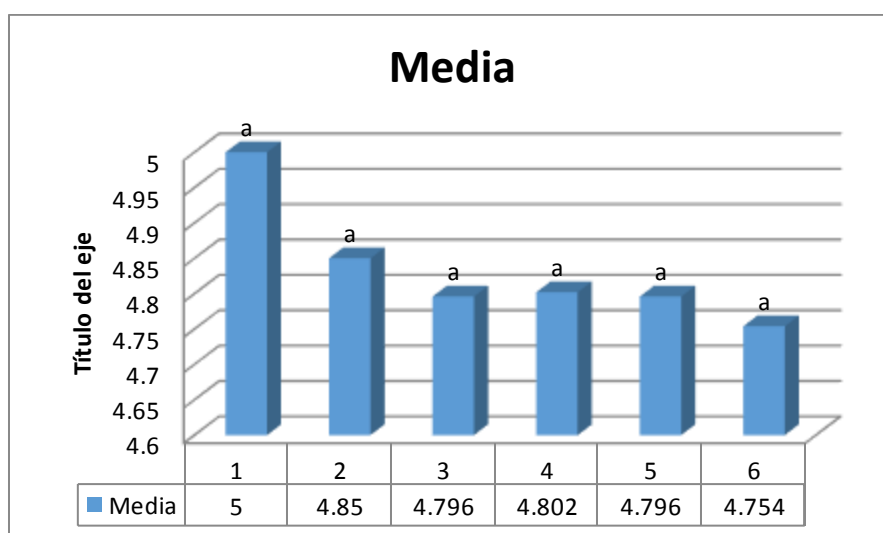
Gl del error = 20 = Vertical en la tabla de la F

Valor de cruce = 2.71

$F_c = 1.136 < F_t = 2.71$ ; Es decir no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

En la gráfica 7, en la comparación de medias se observa que no hay diferencia entre los tratamientos, es decir no hay diferencia estadística entre los mismos. Esto quiere decir que ninguno de los tratamientos generó comportamiento con relación a la variable Nitrógeno (N). Sin embargo el tratamiento 1 (vermicomposta) supera a todos con la cantidad de 5 % N.

GRAFICA 7.Comparación de medias de Nitrógeno.



## V. CONCLUSIÓN

El experimento fue llevado a efecto en el último trimestre del 2018 con alfalfa en su primero y segundo corte; los mismos no generaron los resultados esperados. La fertilización basada en vermicomposta y lixiviado de vermicomposta presentó bajo contenido de minerales en comparación al testigo, que generó mejor comportamiento en relación de contenido de minerales. Mientras los fertilizantes inorgánicos tradicionales para la alfalfa basados en la aplicación de fosforo y magnesio resultaron muy bajo contenido de minerales. Esto reconfirma la no diferencia estadística significativa entre los tratamientos aplicados en el experimento. La hipótesis presentada fue: existe diferencia estadística significativa en el contenido de Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K) en la alfalfa fertilizada con fuentes orgánicos e inorgánicos. En lo relacionado en contenido de los principales minerales, el testigo presentó diferencia estadística significativa en 4 minerales que se presentan con los siguientes porcentajes: K = 1.892 %, Mg = 0.462 %, P = 0.383% y Fe =223 ppm, mientras en Calcio y Sodio (Na) no hubo diferencia estadística significativa y con ninguno de los tratamientos. Sin embargo en el contenido de Ca, los fertilizantes orgánicos, la vermicomposta y el lixiviado de vermicomposta son los destacados en el porcentaje de Ca en comparación a los demás tratamientos. En caso de los fertilizantes inorgánicos, el Sulfato de Magnesio fue el que representó mejor contenido de minerales como son K, P, Na y Hierro (Fe) que el MAP. Respecto al contenido de minerales con los fertilizantes orgánicos e inorgánicos no presentó diferencia significativa, por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada. Siendo el testigo el que generó mejor comportamiento en relación de minerales respecto a los demás tratamientos. Determinando que el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, para estas variables, no presentan una diferencia significativa.



## VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alarcón Z. B. y Cervantes M. T. 2013. Producción de semilla de alfalfa en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Primera edición. 55 p.
- Álvarez B. L. A. 2012. Manual del Cultivo de Alfalfa. Edición Fondoempleo. Centro de estudios para el desarrollo y la participación. Departamento de Arequipa, Perú. 20 p.
- Ayala J. 2006. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la Mixteca de Oaxaca. Vol. 44. Técnica pecuaria en México. Campo Experimental Mixteca Oaxaqueña, perteneciente al INIFAP, Yanhuitlán, Nochixtlán, Oaxaca.
- Ballesta A. y Lloveras J. 2010. Valor de sustitución del nitrógeno procedente de la alfalfa para el maíz y el trigo en regadío en la zona mediterránea. Pp. 159-169. Spain (INIA).
- Basigalup D. H. 2007. El cultivo de alfalfa en Argentina. Ediciones INTA. Bueno Aires, Argentina. 479 p.
- Cárdenas N. R. y Farías R. R. 2004. Los aporte de nitrógeno en la agricultura. Instituto de investigaciones agropecuarias y forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 10(2):173- 178.
- D' Attellis R. A. 2005. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) producción de semilla Tinogasta, Catamarca. Dirección provincial de programación del desarrollo y desarrollo. Catamarca, Argentina. 47 p.
- De la loma J. L. 1966. Forrajes, la ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. Primer edición. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A. 747 p.
- Devliegher W. y Verstraete W. 1997. *Microorganisms and soil physico-chemical conditions in the drilosphere of Lumbricus terrestris*. Editor Chief. Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences, University of Ghent in Belgium. Vol. 29 1760 p.
- Del Pozo M. 1983. La Alfalfa. Su Cultivo y Aprovechamiento. Editorial MundiPrensa. Madrid, España. 380 p.

- Delgado E. I., Muñoz P.F. y Andueza U. D. 2005. El cultivo de alfalfa en Aragón. Centro de Atenciones Agrarias. Aragón, España. Pp 2-4.
- Flórez D. D. F. 2015. La alfalfa (*Medicago sativa* L.): origen, manejo y producción. Facultad de ciencias agrarias, Universidad de Pamplona, Colombia. Vol. 5 núm. 1 Pp 27-43.
- Fox, R. H.; Piekielek, W. P., 1988. Fertilizer N equivalence of alfalfa, birdsfoot trefoil and red clover for succeeding corn crops. *Journal of Production Agriculture, USA*. 1, 313-317.
- Gilletta M. 2018. El mega mercado que propone la alfalfa. [En línea]. <http://nuestroagro.com.ar/printedEditionNote.aspx?id=7678>. (Fecha de consulta 24/02/2020).
- González D. 2017. Forraje, principal cultivo en la región. [En línea]. <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/1417063.forraje-principal-cultivo-en-la-region.html>. (Fecha de consulta 24/02/2020).
- Hanson, C. H. 1972. *Alfalfa Science and Technology*. American society of agronomy. Madison, Wisconsin, USA. 24 p.
- Innovagri. 2018. El cultivo de alfalfa, técnica y precisión para obtener rentabilidad. [En línea]. <https://www.innovagri.es/comunidad/el-cultivo-de-alfalfa-tecnica-y-precision-para-obtener-rentabilidad.html>. Fecha de consulta. (12/02/2020).
- Kelling, K. K. y Schmitt, M., 1996. Applying manure to alfalfa, How Much and When. *Proceedings of the Twenty Six National Alfalfa Symposium*, 92-102. East Lansing. Michigan (EEUU).
- Lara M. C. R., y Jurado G. P. 2014. Paquete tecnológico para producir alfalfa en el estado de Chihuahua. Primera Edición. Centro de Investigación Regional Norte Centro Sitio Experimental La Campana Aldama, Chihuahua, México. 52 p.
- Lloveras J. 1999. El cultivo de la alfalfa y su relación con el medio ambiente. (Universitat de Lleida, España) – *IRTA*. 24 (2):145- 167.
- Lloveras J. y Melines M. A. 2015. La rentabilidad del cultivo se asienta en tres pilares: producción, calidad y persistencia. Universidad de Lleida, España.

- Luna G. M. J., López C. C. y Hernández G. A. 2018. Evaluación de rendimiento de materia seca y sus componentes en germoplasma de alfalfa. Colegio de Postgraduados en Montecillo, Texcoco, Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias vol. 9 núm. 3.
- Mateo B. J. M. 2005. Prontuario de Agricultura Cultivos Agrícolas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 976 p.
- Mendoza P. I. 2010. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. Ganadería, Recursos Genéticos y Productividad. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, México. 1(3):287-296.
- Morelos A. J. 2006. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la Mixteca de Oaxaca. Campo experimental Mixteca Oaxaqueña, INIFAP, 44(3):277-288.
- Moreno D. L., García A.D., Faz C.R. 2000. Producción y utilización de la alfalfa en zona norte de México. Campo Experimental La Laguna. CIRNOC. INIFAP. Libro técnico No. 2. 102 p.
- Morua Ruiz, N. A., 1997. La Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Sus Principales Plagas y Enfermedades. Monografía Licenciatura, UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila México.
- Núñez H. G., Chew M. Y. I., Reyes J. I. y Godina G. H. J. 2000. SAGAR-INIFAP. Producción y utilización de la alfalfa en la Zona Norte de México. 1° edición. Torreón, Coahuila, México. 1-9 pp.
- Quiroga G. H. M. y Faz C. R. 2008. Incremento de la eficiencia en el uso de agua por la alfalfa mediante la suspensión de riegos en el verano. Campo experimental La Laguna. Terra Latinoamérica. 26(2): 111-117.
- Quiroga G. H. M., Cueto N. J. A., Nava C. V., Castro M. E., y Moreno A. L. E. 1991. Guía para el cultivo de alfalfa en la Comarca Lagunera. N°2. SARH-Centro de investigaciones forestales y agropecuarias. Torreón, Coahuila, México. 4-5 pp.
- Quito T. A. R. 2009. Manual para el cultivo de Alfalfa. Primera edición Cáritas puno. Desarrollo de capacidades en forrajes y producción de derivados. San Martín Puno, Perú. 22 p.

- Rocha-Valdés J.L., y Ávila-Cisneros R. 2017. Bioestadística aplicada a la medicina veterinaria e investigación pecuaria. Editorial Academia Española. ISBN; 978-3-639-83223-5.
- Rojas G. A.F. y Torres S. N. 2019. Rendimiento de forraje y sus componentes en variedades de alfalfa en el altiplano de México. UAG, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 10(1):239-253.
- Roldán R. 2016. Las propiedades de la alfalfa como alimento bovino. [En línea]. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/las-propiedades-de-la-alfalfa-como-alimento-bovino>. (Fecha de consulta 22/02/2020).
- SAGARPA. 2008. Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. [En línea]. <http://www.siap.gob.mx/>. Fecha de consulta (24/02/2020).
- Sánchez G. R. A, Servin P. M. y Gutiérrez B. H. 2007. Eficiencia en el uso del agua de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sistema de riego subsuperficial. Campo Experimental Zacatecas. INIFAP. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.
- Sheikh-Hosseini, A.R and Nourbakhsh, F. 2007. Influence of vermicomposting on solid wastes decomposition kinetics in soils. US National Library of Medicine. 8(10):725-730.
- Spada M. C. y Rodríguez N. E. 2007. Morfología de la alfalfa. Pp 27-30. El cultivo de alfalfa en Argentina. Manejo de cultivo, Fitomejoramiento y Control de Plagas. INTA.
- Tamero, 2016. La importancia de la alfalfa en la producción de leche y carne. [En línea]. <https://www.tamero.com/posts/686-la-importancia-de-la-alfalfa-en>. Fecha de consulta (12/02/2020).
- Vázquez, V. C. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol de bovino. La Comarca Lagunera, Estado de Coahuila, México, 1(4):363-372.
- Yepis V. O., Fundora H. O., Pereira M. C. Y Crespo B. T. 1999. La contaminación ambiental en el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados el cultivo de tomate. Facultad de ciencias agropecuaria en la UCLV en Sta. Clara, Cuba. Scienta gerundensis, 24: 5-12.