

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Total de nutrientes digestibles y energía neta para lactancia en alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo fertilización orgánica y mineral en San Pedro, Coahuila.

Por:

OMAR URIEL GARCÍA CRUZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BASICAS

Total de nutrientes digestibles y energía neta para lactancia en alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo fertilización orgánica y mineral en San Pedro, Coahuila.

Por:

OMAR URIEL GARCÍA CRUZ

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

 _____ MVZ. ALEJANDRO ERNESTO CABRAL MARTELL Presidente	 _____ DR. RAMIRO GONZÁLEZ AVALOS Vocal
 _____ DR. JUAN LEONARDO ROCHA VALDEZ Vocal	 _____ MC. BLANCA PATRICIA PEÑA REVUELTA Vocal Suplente
 _____ MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal	



Torreón, Coahuila, México
Junio, 2019.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Total de nutrientes digestibles y energía neta para lactancia en alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo fertilización orgánica y mineral en San Pedro, Coahuila.

Por:

OMAR URIEL GARCÍA CRUZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



DR. RAMIRO GONZÁLEZ AVALOS
Asesor Principal



DR. JUAN LEONARDO ROCHA VALDEZ
Coasesor



MC. BLANCA PATRICIA PEÑA REVUELTA
Coasesor



MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Junio, 2019



AGRADECIMIENTOS

A Dios. Por darme la oportunidad y brindarme los medios para trazar y cumplir mis metas de la carrera.

A mi madre. Bertha Cruz por darme la confianza, el apoyo y el amor incondicional, y nunca rendirse ante los problemas en el transcurso de mi formación y así poder culminar con mi licenciatura.

Al Dr. Ramiro González Avalos. Por la formación que me dio durante el transcurso de la carrera y poder guiarme con la elaboración de la tesis.

A mi ALMA TERRA MATER. Por haberme dado un hogar de estudios, el más noble y prestigiado de su rama, la llevare siempre en mi corazón.

A mis hermanos. Gabriel García y Jair García porque gracias a ellos con el amor que me han dado me impulsaron por superarme y así poder ayudarlos.

A mi novia. Estefanía García Moreno por alentarme y creer en mí, siempre apoyándome para superar los retos y ser mejor persona cada día. Te amo infinitamente y te quiero en mi vida para toda una vida.

Araceli Calderón. Por apoyarme y estar siempre pendiente de la familia espero y algún día poder ayudarla de igual manera.

DEDICATORIA

A MI MADRE. Este logro es de ella, que gracias a su gran esfuerzo, sudor y lágrimas el sueño que teníamos se ha logrado, desde ahora el cambio de nuestras vidas será distinta y mejor.

A MI HERMANO GABRIEL. Por su paciencia y el papel de hermano mayor que ha hecho todos estos años, mi mejor amigo que gracias a sus consejos y experiencias compartidas me ha hecho ver la realidad de las cosas.

RESUMEN

En México, la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa forrajera más utilizada para la alimentación del ganado lechero, en la región árida, semiárida y templada conviene subrayar que la producción de leche representa la quinta parte del valor total de la producción nacional pecuaria. El trabajo se desarrolló en parcelas del ejido San Pedro en Coahuila México, bajo un diseño de experimentos del método bloques al azar estableciendo 6 tratamientos de fertilización con 5 repeticiones cada uno. Estos fueron de la siguiente forma: 2 fuentes orgánicas; vermicomposta y lixiviado de vermicomposta, 3 fuentes inorgánicas; solución mineralizada, MAP (fosforo) y sulfato de magnesio; y finalmente un bloque testigo en el cual no se le ningún fertilizante. Fue un arreglo de $3 \times 10 \text{ m} = 30 \text{ m}^2$ para cada uno de los bloques. Para el análisis estadístico del ANOVA se utilizó el software de Olivares (2012) para un α de 5%. Las variables mediadas fueron: total de nutrientes digestibles y energía neta de la alfalfa para cubrir requerimientos en el animal. La hipótesis propuesta fue que el fertilizante orgánico genera un incremento en el total de nutrientes digestibles y energía neta de la alfalfa para cubrir requerimientos en el animal. No se observó diferencia estadística significativa en las variables evaluadas, por lo que la hipótesis planteada se rechaza. Se hace necesario continuar estudiando el impacto de la aplicación de este tipo de fertilizantes orgánicos como lo es vermicomposteo puesto que este fue el fertilizante orgánico que cubrió con excelencia la mayoría de todos los requerimientos requeridos.

Palabras claves: Alfalfa, Orgánico, Leche, Fertilizante, Forraje.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN.....	iii
INDICE GENERAL.....	iv
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO	2
1.2. HIPOTESIS.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. La importancia de la alfalfa en ganado lechero	3
2.1.1. Ventajas de la alfalfa en la comarca lagunera	3
2.2. Origen y antecedentes de la alfalfa.....	4
2.3. Importancia de la alfalfa.....	5
2.4. Importancia de la alfalfa en México.	6
2.5. Producción en México.....	6
2.6. Importancia de los abonos	7
2.6.1. Importancia de los abonos orgánicos	9
2.6.2. Abonos orgánicos.....	9
2.6.3. Compostaje del estiércol	10

2.6.4. Vermicomposta o lombricomposta	10
2.7. Abonos inorgánicos	11
2.7.1. Impacto ambiental del exceso de fertilizantes nitrogenados	11
2.8. Total de nutrientes digestibles	12
2.9. Energía Neta	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
5. CONCLUSIONES	21
6. LITERATURA CITADA.....	22

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la alfalfa (Medicago Sativa L)	5
Cuadro 2. Estimación del rango de concentración de nutrientes de raciones para vacas lecheras, considerando varios niveles de producción	16
Cuadro 3. Resultados obtenidos para total de nutrimentos digestibles (TND) del cultivo de alfalfa bajo diferente fertilización.	18
Cuadro 4. Resultados obtenidos para energía neta (Mcal/kg) del cultivo de alfalfa bajo diferente fertilización.	19

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de partición de la energía, incluyendo sus pérdidas y resultados (Tomado de Mieres, 2004).	15
---	----

1. INTRODUCCIÓN

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 (Morales *et al.*, 2006; Mendoza *et al.*, 2010; Montemayor *et al.*, 2012). El establecimiento de la alfalfa se relaciona al desarrollo de la ganadería lechera intensiva, debido a su importancia como excelente productora de forraje de alta calidad. Además en nuestro país, es el soporte en gran medida del mantenimiento del sistema actual de producción intensiva de leche, tal y como es el caso en la Comarca Lagunera, región por demás importante, ya que actualmente se le sitúa como una de las cuencas lecheras más importantes del país, ya que en el año 2016 se llegaron a producir 2 mil 330 millones de litros anuales (SIAP-SAGARPA, 2016).

Una gran cantidad de productores no fertiliza este cultivo y en otros casos se fertiliza en demasía, aunque no se han publicado datos al respecto. Estas inconsistencias se presentan debido al desconocimiento de los requerimientos del cultivo para esta región y por los altos costos de los fertilizantes sintéticos. Además, una limitación que afecta la capacidad productiva del cultivo es la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, principalmente el nitrógeno, fósforo y potasio, debido a que las características de los suelos dominantes en la región de estudios son de origen calcáreo (Vazquez-Vazquez, 2010). Uno de los principales problemas que inciden en la producción de forrajes en la Comarca Lagunera es la baja fertilidad de sus suelos, la cual en gran parte ha sido provocada por la sobreexplotación de éstos (Salazar-Sosa *et al.*, 2007). Adicionalmente, el establecimiento y desarrollo de los cultivos forrajeros, para satisfacer la demanda de alimento para el ganado existente

en la región, ha sido considerado como una de las causas que han agravado el deterioro del ambiente, particularmente el recurso hídrico, debido a la excesiva extracción de agua, lo que tiene como consecuencia mayor desertificación, en esta región (Muro-Pérez *et al.*, 2012). La fertilización es una opción para proveer los nutrientes deficientes. La fertilización del alfalfa para alto rendimiento debe considerar el conocimiento de las características físicas y químicas del suelo y la concentración de nutrimentos., el análisis de suelo es una herramienta útil para determinar los niveles de estos factores con el propósito de adicionar los nutrimentos faltantes. De la misma manera se puede recurrir a la herramienta análisis de tejido foliar del cultivo para conocer la absorción efectiva de los nutrimentos aplicados (INIFAP, 2000). Como complemento a lo anterior, se ha destacado que el empleo de fertilizantes sintéticos, de alta solubilidad, además de costosos, tiende a contaminar el ambiente (Capulín-Grande *et al.*, 2011). Para combatir lo anterior, dentro de las acciones para proteger los ecosistemas agropecuarios y prevenir su degradación, la incorporación de abonos orgánicos es esencial, ya que resulta necesario que la materia orgánica, además de ser el soporte básico para la vida en los suelos, puede mejorar su potencial productivo (Sánchez *et al.*, 2011)

1.1. OBJETIVO

Evaluar el total de nutrientes digestibles (TDN) y energía neta (EN) de alfalfa (*Medicago Sativa L*) bajo fertilización orgánica y mineral en San Pedro Coahuila.

1.2. HIPOTESIS

La aplicación de fertilizantes orgánicos incrementa el total de nutrientes digestibles y energía neta por lactancia en San Pedro Coahuila.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La importancia de la alfalfa en ganado lechero

La alfalfa (*Medicago Sativa* L) es la leguminosa más utilizada en la alimentación del ganado a nivel mundial, su importancia radica en el rendimiento y valor nutritivo (Montes *et al.*, 2016). La Comarca Lagunera incluye dos ciudades pertenecientes al estado de Durango (Gómez Palacio y Cd Lerdo) y una perteneciente al estado de Coahuila (Torreón) (Mauro-Pérez *et al.*, 2012), siendo la cuenca lechera más importante de México (Vazquez-Vazquez *et al.*, 2010) con 500.000 cabezas de ganado bovino, y una producción de leche de bovino que llega a los seis millones de litros diarios. Lo anterior ha impactado en la demanda de forrajes, así como de otras fuentes alternativas de alimentos (Salazar-Sosa *et al.*, 2007).

2.1.1. Ventajas de la alfalfa en la comarca lagunera

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 (Morales *et al.* 2006). El uso que se le puede dar a un cultivo de alfalfa no está restringido a forraje en verde para consumo directo de ganado vacuno, ovino o de pequeñas especies, si no que las pacas (fardos, bultos, en materia seca), de alfalfa mantienen su valor nutritivo, se pueden almacenar y son fácilmente comerciales (Dammer, 2004). Es un cultivo perenne de amplia adaptación, persistencia y capacidad de asociarse en simbiosis con bacterias del genero *Rhizobium*, que fijan nitrógeno destinado inicialmente al tejido de la planta y posteriormente al suelo (Dante, 2004; Morales *et al.* 2006; Luna *et al.*, 2018). Diversos microorganismos transforman el nitrógeno

atmosférico o mineral orgánico, facilitando así su aprovechamiento para los demás seres vivos. Se calcula que en un tercio de sus necesidades. 140 millones de toneladas de nitrógeno se obtienen para la actividad simbiótica de los microorganismos con la plantas. Correspondiendo al 80% de dicha actividad a las leguminosas (Clavijo y Cadena, 2011). Tienen un gran sistema radicular, con una raíz principal robusta y pivotante y muchas raíces secundarias. Los tallos son consistentes lo que le da un porte erecto a la planta, el clima favorable para esta especie es el clima frío en alturas entre los 1 800 y 3 200 m.s.n.m., en zonas con niveles de precipitación de 400 a 1 400 mm anuales y con temperatura de entre 6 a 25 °C; requiere suelos fértiles, profundos, bien drenados con pH que oscilan entre los 6.0 y 7.5. No toleran suelos ácidos, pobres, la sequía y el encharcamiento (Campoverde y Sarmiento, 2018).

2.2. Origen y antecedentes de la alfalfa.

La alfalfa es originaria del Sudoeste de Asia, siguió el curso de la cultura persa (Persia hoy Irán), expandiéndose posteriormente a toda Europa. Esta especie fue introducida a América del Sur en el siglo XVI, por los portugueses y españoles y en 1870 a Perú, México y Estados Unidos, por misioneros españoles (Soriano, 2003; Clavijo y Cadena, 2011). El nombre Alfalfa es de origen árabe; etimológicamente significa “el mejor pasto” (Soriano, 2003).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la alfalfa (*Medicago Sativa* L) (Tomado de Rosado 2011; Sebastián, 2015).

Alfalfa	(<i>Medicago Sativa</i>)
Reino	Vegetal
División	Magapoliophita
Clase	Magnolipsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Papilionoideae
Tribu	Trifolieae
Género	Medicago
especie	Sativa

2.3. Importancia de la alfalfa

La alfalfa puede considerarse uno de los forrajes más completos para la alimentación de los rumiantes. En los estados normales de explotación de la planta, desde la formación de botones florales hasta el inicio de la floración, su contenido en proteínas supera el 20%, con un valor energético medio de 0.8 unidades forrajeras por kilo de materia seca y un elevado contenido en minerales, vitaminas y carotenos. El valor de la digestibilidad y la ingestión voluntaria de la alfalfa supera a la mayoría de los forrajes. Por corte el cultivo produce hasta 20 000 kg/ha (Campoverde y Sarmiento, 2018).

Su importancia se debe a la alta productividad, elevado tenor proteico, excelente valor biológico, riqueza en vitaminas como tiamina, cianina, riboflavina,

ácido pantoténico y, fundamentalmente, caroteno, asociados a una elevada concentración de sales (Soriano, 2003).

Campoverde y Sarmiento (2018) considera que el consumo de MS o energía es mayor con leguminosas que con gramíneas, ya que las leguminosas se compactan bien en el rumen ocupando menor espacio y permitiendo al animal mayor consumo. 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. El nitrógeno constituye el elemento esencial de la vida este elemento, que resulta muy abundante en la atmosfera y en las rocas, apenas se encuentra accesible para la mayoría de los seres vivos (Clavijo y Cadena, 2011).

2.4. Importancia de la alfalfa en México.

La industria lechera de esta región genera 10, 000 empleos directos y mil seiscientos millones de litros por año también 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 (Vazqu ez-Vazqu ez *et al.*, 2010).

2.5. Producción en México.

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 (Luna *et al.*, 2018). Es la leguminosa forrajera más utilizada para la alimentación del ganado lechero, en las regiones árida, semiárida y templada. 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. En México, en 1969 se sembraron 160,000 ha, con una producción de 9 millones de

toneladas de materia verde. Mientras que para el año 2006 la superficie cultivada con alfalfa fue de 379,103 ha y se cosecharon 28 millones de toneladas de forraje verde, con un rendimiento promedio anual de 75.24 t ha (Clavijo y Cadena, 2011). 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 t de forraje verde en 390 mil ha cultivadas, con rendimiento promedio de 80.71 t ha⁻¹ año⁻¹; siendo los estados de Chihuahua, Hidalgo y Guanajuato quienes aportaron el 46 % de la producción total del país (Luna *et al.*, 2018). La producción nacional promedio anual en los últimos 10 años es de 30 millones 950 mil toneladas, lo que permite complementar los distintos requerimientos de insumos forrajeros para el hato ganadero mexicano conviene subrayar que el estado de chihuahua es el líder productor nacional del forraje. En 2017 destino 86 mil 140 hectáreas para este cultivo, la venta de la alfalfa genero a los productores de esta entidad 3 mil 395 millones de pesos (SIAP, 2018). Durante el ciclo agrícola 2009, se sembró una superficie de 38 501 ha con alfalfa en la comarca lagunera (Montemayor *et al.*, 2012).

2.6. Importancia de los abonos

Los suelos de la comarca lagunera se localizan en la planicie de inundación de los ríos Nazas y Aguanaval, es decir son suelos aluviales que se formaron por acarreo de materiales con la avenida de los ríos. Lo anterior dio como resultado una diversidad de tipos de suelos, con estratos bien definidos de arcillas y arenas. El origen de los materiales que formaron estos suelos son rocas calizas, de ahí los

altos contenidos de carbonatos de calcio en el suelo, excepto la textura de la capa superficial (INIFAP, 2012).

Las plantas necesitan 16 elementos en diferentes cantidades para obtener una producción adecuada. Estos nutrimentos están clasificados de acuerdo a las cantidades necesarias. Tan solo tres de estos 16 (carbono, oxígeno e hidrógeno) acumulan el 95 % del total requerido y afortunadamente son suministrados a través del aire y el agua. El restante deberán ser suplementados a través del suelo y la fertilización sintética (Martínez, 2009).

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 los productores redujeron notablemente la aplicación de abonos orgánicos a causa del inicio de una agricultura intensiva generando una disminución de fertilizantes orgánicos hasta el punto en el que la aplicación de los inorgánicos se convirtió en un problema ambiental en muchos lugares del mundo (Fortis-Hernández *et al.*, 2009). Una gran cantidad de productores no fertilizan este cultivo y en otros casos fertilizan en demasía, aunque no se han publicado datos al respecto. Estas inconsistencias se presentan debido al desconocimiento de los requerimientos del cultivo para esta región y por los altos costos de los fertilizantes sintéticos (Vazquez-Vazquez *et al.*, 2010).

La Comarca Lagunera, región agrícola y ganadera de las más importantes de la república mexicana, localizada en el norte de México, es un ejemplo de estos hechos. En ella, anualmente se producen cerca de un millón de toneladas de estiércol bovino, que se aplica de forma directa a los suelos agrícolas, sin tratamiento previo (Fortis-Hernández *et al.*, 2009).

Además, una limitación que afecta la capacidad productiva del cultivo es la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, principalmente de nitrógeno, fósforo y potasio, debido a que las características de los suelos dominantes en la región de estudios son de origen calcáreo (Vazquez-Vazquez *et al.*, 2010).

2.6.1. Importancia de los abonos orgánicos

Entre las acciones para proteger los ecosistemas agropecuarios y prevenir su degradación, la aplicación de abonos orgánicos tiene una importancia significativa, pues resulta insoslayable que la materia orgánica, y particularmente el humus, es el sostén básico para la vida en este medio y puede definir su potencial productivo (Sánchez *et al.*, 2011).

2.6.2. Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos se han utilizado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos ha sido demostrada, aunque su composición química, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo, varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo; además sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo (Fortis-Hernández *et al.*, 2009). El uso de estiércol líquido como fuente de nutrientes y agua en la producción agrícola, minimiza los efectos contaminantes al ambiente y propicia un ahorro económico al productor (Capulín-Grande *et al.*, 2011). Estudios previos (Ferguson *et al.*, 2005; Márquez-Rojas *et al.*, 2006; Salazar-Sosa *et al.*, 2009) han demostrado que es posible aportar todo el requerimiento de N de cultivos con la aplicación de estiércol, lográndose rendimientos similares o mayores que con el uso de fertilizantes.

2.6.3. Compostaje del estiércol

La fracción líquida que se obtiene del procesos de compostaje del estiércol se conoce como lixiviados de compost, extractos de compost y té de compost y presenta como ventaja una densidad más uniforme. Los lixiviados de compost se producen directamente de las pilas, son ricos en elementos nutritivos y contiene microorganismos y se caracteriza por una coloración negra oscura. Los lixiviados han sido considerados, tradicionalmente, como fertilizantes líquido orgánico. Este material está siendo utilizado para el control de plagas y enfermedades, puesto que tiene una gran abundancia y diversidad de microorganismos benéficos, por lo que no son considerados pesticidas (Fortis-Hernández *et al.*, 2009).

2.6.4. Vermicomposta o lombricomposta

Actualmente es del dominio público la necesidad de cuidar nuestro ambiente en las actividades que realicemos, para preservar y enriquecer nuestros recursos naturales. Es así como la notable actividad agrícola, proveedora de alimento y de diversas materia primas para la industria, debe transformarse acorde con la necesidad actual, donde su base debe ser la sustentabilidad. Es una biotecnología se da un proceso de descomposición natural similar al de la composta, en el que el material orgánico, además de ser aprovechado por los microorganismos existentes en el medio natural (hongos, bacterias, levaduras, actinomicetos, etc.), también es sometido a diversos procesos en el sistema digestivo de la lombriz (Ortegón y Zúñiga, 2016). El humus de lombriz conocido por diversos nombres: casting, lombricompost, entre otros es considerado por muchos investigadores y productores como uno de los mejores abonos orgánicos del mundo. La cantidad de

elementos nutritivos depende de las características químicas del sustrato con que se alimentan las lombrices (Sánchez *et al.*, 2011).

2.7. Abonos inorgánicos

El fósforo después del nitrógeno, es el nutriente inorgánico más requerido por plantas y microorganismos y además, en el suelo es el factor limitante del desarrollo vegetal a pesar de ser abundante tanto en formas inorgánicas como orgánicas. Las plantas deben absorberlo del suelo, donde se encuentra en muy baja concentración, normalmente en niveles que varían entre 5 y 30 mg kg⁻¹. Estos índices bajos del nutriente se deben a que el fósforo soluble reacciona con iones como el calcio, el hierro o el aluminio que provocan su precipitación o fijación, disminuyendo su disponibilidad para los vegetales. Los fosfatos inorgánicos aplicados como fertilizantes químicos también son inmovilizados en el suelo y como consecuencia no son solubles para ser aprovechados por los cultivos (Fernández *et al.*, 2005).

2.7.1. Impacto ambiental del exceso de fertilizantes nitrogenados

El problema ambiental más importante relativo al ciclo del N, es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. En estos medios los nitratos también actúan de fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que, si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio. En un medio eutrofizado, se produce la proliferación de especies como algas y otras plantas verdes que cubren la superficie. Esto trae como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y su reducción en el medio acuático, así mismo dificulta la incidencia de la radiación solar por debajo de la superficie. Estos dos fenómenos producen una disminución de la capacidad autodepuradora

del medio y una merma en la capacidad fotosintética de los organismos acuáticos (Gonzales, 2011; Ceballos, 2012).

Sobre todo, el problema de los nitratos radica en que pueden ser reducidos a nitritos en el interior del organismo humano, especialmente en los niños de menos de tres meses de edad y en adultos con ciertos problemas. Los nitritos producen la transformación de la hemoglobina a metahemoglobina. La hemoglobina se encarga del transporte del oxígeno a través de los vasos sanguíneos y capilares, pero la metahemoglobina no es capaz de captar y ceder oxígeno de forma funcional. La cantidad normal de metahemoglobina no excede el 2%. Entre el 5 y el 10% se manifiestan los primeros signos de cianosis. Entre el 10 y el 20% se aprecia una insuficiencia de oxigenación muscular y por encima del 50% puede llegar a ser mortal (Gonzales, 2011).

2.8. Total de nutrientes digestibles

La alfalfa es una forrajera que proporciona elevados niveles de proteína (18,2%), minerales y vitaminas de calidad, sin embargo, contiene pequeñas cantidades de almidón (44,9%). Su valor energético también es muy alto estando relacionado con el valor nitrogenado del forraje. Además, es una fuente de minerales como: calcio, fosforo, potasio, magnesio, azufre, entre otros. Los elevados niveles de B-carotenos (precursores de la vitamina A) influyen en la reproducción de los bovinos. El valor nutricional de las hojas es superior al de los tallos, sin embargo, a medida que la planta avanza en el estado de madurez, la relación hoja-tallo cambia, factor que contribuye al descenso del valor nutritivo de las leguminosas (Cabrera, 2004).

La composición química de un alimento solo indica el contenido de nutrientes del mismo, pero no de su disponibilidad para el animal, por lo tanto es necesario

contar con los datos de digestibilidad. Esta se define como el porcentaje de un nutriente dado, que desaparece a su paso por el tracto gastrointestinal. La digestibilidad de los nutrientes varía dependiendo de distintos factores propios del alimento, del animal o de ambos (Mora, 2007). Mediante los resultados de un análisis químico proximal y obteniendo la información sobre digestibilidad se puede obtener el TND (Total de nutrientes digestibles), un método matemático utilizado para calcular aproximadamente la energía que libera un ingrediente dado. Este método puede valorar la energía existente en un alimento en porcentaje y kilogramos; consiste en utilizar los valores de los componentes orgánicos de un análisis químico proximal (proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno) y multiplicarlos por su digestibilidad. En el caso del extracto etéreo el resultado obtenido de la multiplicación por su digestibilidad se multiplica por 2.25 (se considera que las grasas liberan 2.25 más energía que las proteínas y los carbohidratos). Los resultados totales se suman y el total se divide entre 100 con el objeto de expresar el TND como porcentaje del ingrediente analizado. Teóricamente entre mayor es el porcentaje de TDN, el valor nutritivo de dicho alimento será mejor (Shimada, 2003; Mora, 2007).

2.9. Energía Neta

La energía de un alimento puede considerarse como el combustible que el animal utiliza, para lograr los productos derivados de ese alimento. Al igual que todo proceso transformador, el mismo consume energía, por lo cual no es 100% eficiente. Hay fugas de energía en el proceso de digestión y metabolización de los alimentos para transformarlos en «productos» orgánicos del animal. La energía total de un

alimento es la suma de los valores energéticos de sus constituyentes, por tanto variará de acuerdo con su composición química (Mieres, 2004).

La energía digerida y absorbida en el tubo gastrointestinal, una parte no se aprovecha y se elimina por la orina en forma de compuestos nitrogenados. Para evaluar esto se resta el dato de energía urinaria al valor de energía digestible. Hay que tomar en cuenta que se elimina energía a través de gases como el metano expulsado por los rumiantes al eructar. La energía que se pierde en los gases es significativa solamente en el caso de los rumiantes, su cuantificación es difícil y, en general se estima que es el 8 % de la energía bruta que consume el animal. Se observó que para los rumiantes, el valor de energía metabolizable representa alrededor de 82 % de la energía digestible, por lo que la EM se puede estimar con tan solo multiplicar $ED \times 0.82 = EM$ (Shimada, 2003).

La EB de un alimento, menos la energía perdida por las heces se denomina energía digestible (ED). Si a la ED se le resta la energía perdida en forma de orina y gases, tenemos la energía metabolizable (EM). La EM es la porción de energía de un alimento que puede ser usada por el animal. Si a la EM se descuentan las pérdidas de energía en forma de calor, se obtiene el valor de energía neta (EN). La Energía Neta (EN) es la parte de energía del alimento que el animal usa para mantenimiento (ENm), engorde (ENg) y producción de leche (ENl). La eficiencia de utilización del alimento para «mantenimiento» es similar que para lactación, y éstas son mayores que para ganancia de peso corporal (Mieres, 2004). Los valores de ED y EM se clasifican como “aparentes”, cuando no se hacen mediciones y correcciones de los aportes metabólicos y endógenos, que son de origen corporal (enzimas, hormonas, metabolitos, células de descamación), y que se producen

como consecuencia del proceso digestivo, por lo que aparecen en heces (energía metabólica) y la orina (energía endógena). Los valores corregidos se denominan entonces energía digestible verdadera y energía metabolizable verdadera respectivamente (Shimada, 2003).

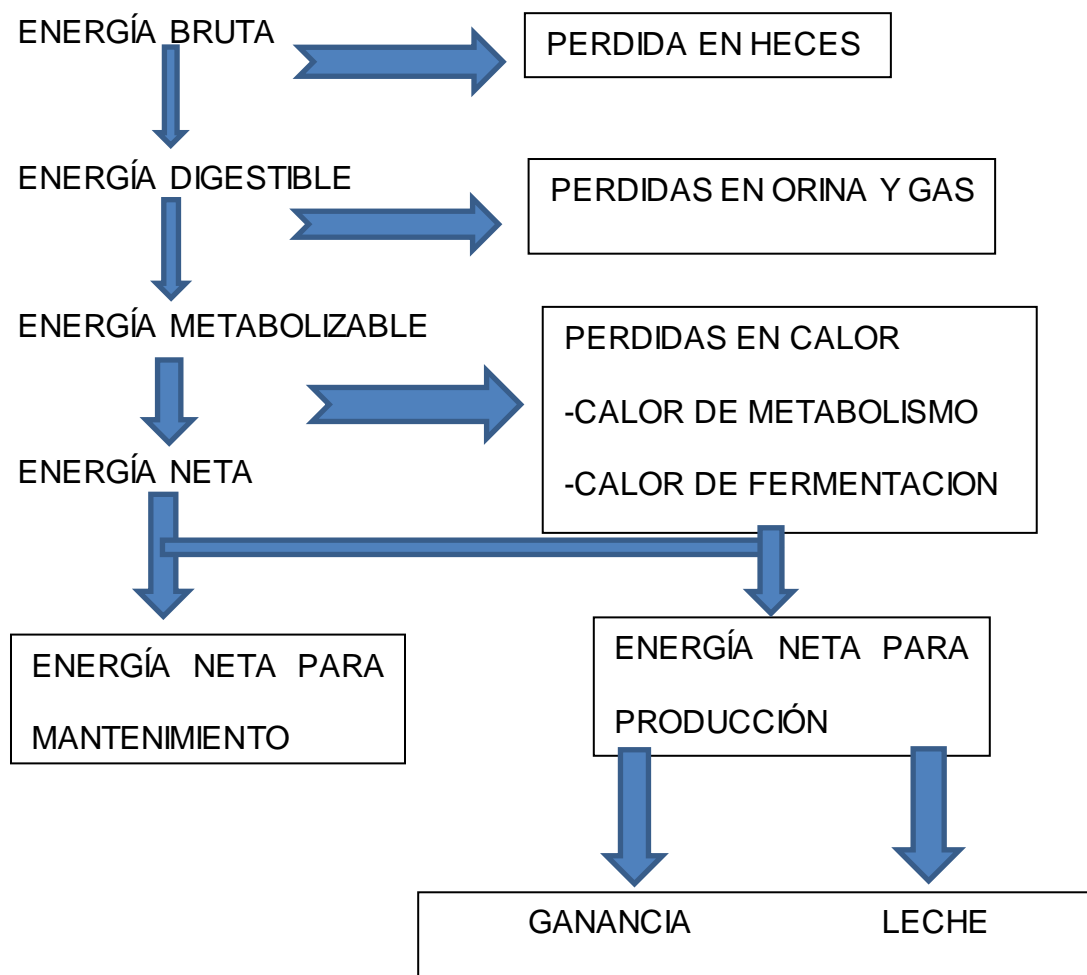


Figura 1. Esquema de partición de la energía, incluyendo sus pérdidas y resultados (Tomado de Mieres, 2004).

Cuadro 2. Estimación del rango de concentración de nutrientes de raciones para vacas lecheras, considerando varios niveles de producción (Tomado de Mieres, 2004).

Producción de leche (kg/día)	Proteína cruda (%)	Energía Neta de Lactación (M cal/kg MS)	FDN (%)	FDA (%)
9-14	12 – 13		35 – 40	28 – 29
14-18	13 – 14	1.32 – 1.51	35 – 40	25 – 27
18-23	14 – 15		32 – 35	23 – 24
23-27	14 – 15	1.54 – 1.63	27 – 32	20 – 21
27-36	16 – 18		27 – 32	20 – 21
36-45	16 – 18	1.63 – 1.72	25 – 27	20 – 21

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizará en el municipio de San Pedro Coahuila coordenada de 25°45'32" latitud Norte y 102°59'04" longitud Oeste, y a una altura de 1,090 metros sobre el nivel del mar. Se utilizaron fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Los tratamientos de fertilización se aplicaron en banda sobre el cultivo y/o al suelo, después del corte y antes del riego, en una aplicación después de cada corte. El experimento se realizó sobre el cultivo de alfalfa ya establecido y los tratamientos de fertilización fueron en la modalidad de Re fertilización.

El diseño del experimento fue en bloques completamente al azar con cinco repeticiones y un testigo, cada una de las parcelas tuvo una medida de 10 metros de largo y 3 metros de ancho. La parcela útil fue de tres cuadros de un m² dentro de la parcela experimental.

Los tratamientos a evaluaran fueron:

- A: Fertilización con vermicomposta 1 Kg * m².
- B: Lixiviado de vermicomposta 1L* m².
- C: Fertilizante Sintético MAP (11-52-00) 1.2 kg * m².
- D: Sulfato de magnesio 1.5 kg * m².
- E: Solución nutritiva mineralizada 20 L * 30 m²
- F: Testigo

Se evaluaron las variables: total de nutrientes digestibles y energía neta.

Los resultados se analizaron, mediante análisis de varianza, para determinar el efecto de tratamientos, la comparación de medias de tratamientos por el método de Tukey. Se empleó el valor de $P < 0.05$ para considerar diferencia estadística.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación a los resultados obtenidos en el presente estudio (Cuadro 3) no se observó diferencias estadísticas significativas para la variable de Total de Nutrientes Digestibles.

Fernández (2010) reporta valores 62 y 65 para forrajes de mala y buena calidad respectivamente. Respecto al total de nutrimentos digestibles observados en el estudio se puede considerar un forraje de calidad.

Orduño (2019) en un estudio realizado en Torreón Coahuila reportó valores similares, donde fueron evaluados 6 tratamientos de fertilizantes orgánicos vs inorgánicos, reporta valores 64.80 y 66.80 para forrajes de mala y buena calidad.

Cuadro 3. Resultados obtenidos para total de nutrimentos digestibles (TND) del cultivo de alfalfa bajo diferente fertilización.

Tratamientos	A	B	C	D	E	F
Media	66.80 ^a	65.00 ^a	65.00 ^a	65.80 ^a	64.80 ^a	64.80 ^a

*Diferente literal entre columnas indica diferencia estadística.

Respecto a la variable de Energía Neta no se puede observar diferencia estadística significativa (Cuadro 4).

El trabajo realizado por Terraza *et al.* (2012) durante los años 2007, 2008 y 2009, en el lote agrícola Trincheras, Saucillo, Chihuahua, México en el que se sembraron el 20 de octubre del 2006. El lote de alfalfa de ocho hectáreas se sembró con 40 kg por hectárea de semilla comercial inoculada con una cepa específica para alfalfa de Rhizobium, antes de la siembra el lote descanso 1.5 años y previo a la

siembra se incorporaron 20 toneladas por hectárea de estiércol, el lote de alfalfa se regó por aspersión. En el año 2007 se obtuvieron los siguientes valores en las siguientes estaciones: En invierno 1.23-1.37 para buena y mala calidad de Energía Neta en Lactancia. En primavera 1.33-1.43 para buena y mala calidad. En verano 1.37-1.40 ENL. En otoño 1.33-1.51 para mala y buena calidad. En el 2008 en invierno se obtuvieron resultados de 1.47 de mala calidad y 1.57 los de buena calidad, en primavera 1.44-1.50 de buena y mala calidad. En la estación de primavera se obtuvieron valores de 1.31 los más bajos y 1.41 los más altos. En otoño la alfalfa de mala calidad obtuvo valores de 1.43 en la de mala calidad en Energía NETA y la de buena calidad fue de 1.49.

En el año 2009 en la estación de: invierno 1.52-1.69 mala y buena calidad, en primavera 1.35-1.42, verano 1.26-1.39 de buena y mala calidad. Otoño de 1.41-1.49.

Cuadro 4. Resultados obtenidos para energía neta (Mcal/kg) del cultivo de alfalfa bajo diferente fertilización.

Tratamiento	A	B	C	D	E	F
Media	1.596 ^a	1.546 ^a	1.536 ^a	1.558 ^a	1.540 ^a	1.542 ^a

*Diferente literal entre columnas indica diferencia estadística.

Fernández (2010) reporta valores de energía neta, para alfalfa de mala calidad de 2.40 y para alfalfa de buena calidad de 2.56 (Mcal/kgMS).

Vazquez-Vazquez (2010) en el experimento que realizo con 3 variedades de alfalfa: CUF 101, Sudor y Altaverde; y se conformó por seis tratamientos de fertilización: 0, 40, 80, 120 y 160 t ha⁻¹ de estiércol de bovino, respectivamente,

además de un testigo con fertilización química (30 y 100 kg ha⁻¹ de N y P). El tamaño de la parcela por unidad experimental fue de 24 m², reporta valores de 1.8156 para alfalfa de mala calidad y 1.8627 para alfalfa de buena calidad.

5. CONCLUSIONES

En base a este experimento se concluye que la aplicación abonos orgánicos en alfalfa, no produjo diferencias entre los tratamientos para ninguna de las variables estudiadas en este trabajo. Respecto a las variables evaluadas el tratamiento en el cual se utilizó la fertilización con vermicomposta presenta mejores resultados. Se hace necesario continuar estudiando el impacto de la aplicación de este tipo de fertilizantes orgánicos a través de más ciclos agrícolas, para poder estar en condiciones de evaluar las variables en un mayor y largo plazo en alfalfas de segundo y tercer año.

6. LITERATURA CITADA

- Cabrera, H. P. 2004. Producción de siete cultivares de alfalfa (*medicago sativa* L) en un andisol de la región de la Araucanía. Tesis ingeniero agrónomo. Universidad de la Frontera. Temuco, Chile.
- Campoverde, E. C. R. y Sarmiento, S. M. G. 2018. Relación entre la disponibilidad primaria de los pastizales y la producción de leche en vacas al pastoreo, en los sistemas ganaderos en la zona occidental de la provincia del Azuay. Tesis licenciatura. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Capulín-Grande, J., Mohedano-Caballero, L., Sandoval-Estrada. M. y Capulín-Valencia, J. C. 2011: Estiércol bovino líquido y fertilizantes inorgánicos en el rendimiento de jitomate en un sistema hidropónico. Revista Chapingo Serie Horticultura. 17(2):105-114.
- Ceballos, M. C. A. 2012. Efecto de la inoculación de bacterias solubilizadoras de fosforo a través de bioencapsulados en trigo (*Triticum aestivum* L.). Tesis ingeniero. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Clavijo, V. E. y Cadena, C. P. C. 2011. Producción y calidad nutricional de la alfalfa (*medicago sativa* L) sembrada en dos ambientes diferentes y cosechada en distintos estadios fenológicos. Tesis maestría. Universidad de la Salle. Bogotá D.C.
- Echávez, V. E., Durón, T. A y Terrazas, J. G. P. 2010. Una propuesta para clasificar la calidad del heno de alfalfa basada en el contenido de ENI y NDF indigestible. Cd. Delicias, Chihuahua, México.
- Fernández, L. A., Zalba, P., Gómez, M. A. y Sagardoy, M. A. 2005. Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico aisladas de suelos de la región sojera. Ci. Suelo. Argentina. 23(1):31-37.
- Ferguson, R. B., Nienaber, J. A., Eigenberg, R. A. y Woodbury, B. L. 2005. Long-term effect of sustained feedlot manure application on soil nutrients, corn silage yield, and nutrient uptake. J. Environ Qual. 34:1672-1681.

- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodriguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L. y Orozco-Vidal, J. A. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*. 27(4):329-336.
- Gonzales, H. F. 2011. Contaminación por fertilizantes: "Un serio problema ambiental". *MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE*. Tingo María, Perú. <http://fgonzalesh.blogspot.com/2011/01/contaminacion-por-fertilizantes-un.html>
- Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria. 2002. Manejo del suelo En: *Tecnología de Producción en Nogal Pecanero*. Libro Técnico. Matamoros Coahuila, México. 3:77-99
- Luna, G. M. J., Lopez, C. C., Hernández, G. A., Martínez, H. P. A. y Ortega, C. E. M. 2018. Evaluación del rendimiento de materia seca y sus componentes en germoplasma de alfalfa (*Medicago Sativa* L.). *Rev. Mex. de cienc. Pecu.* 9(3):487-505.
- Martínez, D. J. 2009. Fertilización de hortalizas. *MANUAL DE CULTIVO DE HORTALIZAS*. Facultad de agronomía, UANL.
- Márquez-Rojas, J. L., Figueroa-Viramontes, U., Cueto-Wong, J. A. y Palomo-Gil, A. 2006. Eficiencia de recuperación de nitrógeno de estiércol bovino y fertilizante en una rotación sorgo - trigo para forraje. *Agrofaz*. 6:145-151
- Mendoza, P. S. I., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Quero, C. A. R., Escalante, E. J. A. S., Zaragoza, R. J. L. y Ramírez, R. O. 2010. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Rev. Mex. de cienc. Pecu.* 1(3):287-296.
- Montes, C.F.J., Castro, R. R., Aguilar, B.G., Sandoval, T.S. y Solís, O. M. M. 2016. Acumulación estacional de biomasa aérea de alfalfa Var. Oaxaca criolla (*Medicago Sativa* L.). *Rev. Mex. de Cienc. Pecu.* 7(4):539-552.
- Mora, B. I. 2007. *Nutrición Animal*. San José, Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. 1ª Ed.

- Morales, A. J., Jiménez, V. J. L., Velasco, V. V. A., Villegas, A. Y., Enríquez, V. J. R. y Hernández, G. A. 2006. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertiriego en la mixteca de Oaxaca. *Téc. Pec. Méx.* 44(3):277-288.
- Montemayor, T. J. A., Woo R. J. L., Munguía L. J., Román L. A., Segura. M. A., Yescas. C. P. y Frías. R. E. 2012. Producción de alfalfa (*Medicago Sativa* L.) cultivada con riego sub-superficial y diferentes niveles de fosforo. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 3(7).
- Muro-Pérez, G. J., Sánchez-Salas. Y Alba-Ávila J. A. 2012. Desarrollo agroindustrial: reseña y perspectiva en la Comarca Lagunera, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 11(1):1-7.
- Mieres, M. J. 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. INIA LA ESTANZUELA. Montevideo, Uruguay.
- Ortegón, P. A. y Zúñiga, E. J. C. 2016. Manual básico para establecer una planta de lombricultura. Universidad autónoma agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.
- Orduño, R. R. 2019. Total de nutrientes digestibles y energía metabolizable en alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo fertilización orgánica y mineral en la Comarca Lagunera. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
- Rosado, A. 2011. Utilización de diferentes profundidades de labranza mínima en el establecimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L) y su efecto en los rendimientos productivos. Universidad Superior Politécnica de Chimborazo, Tesis. Riobamba, Ecuador: 85
- Salazar-Sosa, E., Trejo-Escareño, H., Vazquez-Vazquez, C. Y Lopez-Martinez J, D. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *Revista internacional de botánica experimental.* 76:169-185.
- Salazar-Sosa, E., Trejo-Escareño, H. I. Vázquez-Vázquez, C., López-Martínez, J. D. Fortis-Hernández, M. Zúñiga-Tarango R. y Amado-Álvarez, J. P. 2009. Distribución de nitrógeno disponible en suelo abonado con estiércol bovino en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana.* 27:373-382.

- Sánchez, S., Hernández, M. y Ruz, F. 2011. Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*. 34(4):375-392
- 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. Córdoba.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. Alfalfa verde producción y comercio exterior:<https://www.gob.mx/siap/articulos/alfalfa-verde-produccion-y-comercio-exterior>
- SIAP-SAGARPA. 2016. Producción Agropecuaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria en la Región Lagunera. Coahuila y Durango. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Shimada, M. A. 2003. Nutrición animal. Trillas. México. : 388
- Soriano, O. S. 2003. Importancia del cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el estado de Baja California Sur. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. : 4-10.
- Terraza, P. J. G., Mendoza, S. R., Duron, T. A., Echavez, V. E. 2012. Rendimiento y valor alimenticio de variedades de alfalfa para la producción de leche en la cuenca de delicias, chihuahua. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, Forestales y Pecuarias (INIFAP). Cd. Delicias, Chihuahua, México.
- Urrutia, M. J., Hernández, A. A., Cervantes, B. J. F. y Gámez, V. H. 2014. Características nutricionales del forraje de mijo perla en cuatro estados fenológicos. *Rev. Mex. de Cienc. Pecu.* 5(3):321-330.
- Vazquez-Vazquez, C., García-Hernández, L., Salazar-Sosa, I., Murillo-Amador, E., Orona-Castillo, I., Zuñiga-Tarango, R., Rueda-Puente, E. O. y Preciado-Rangel, P. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. *Rev. Mex. de Cienc. Pecu.* 1(4): 363-372.