

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**Efecto del extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* sobre el rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa*) de segundo año en la Comarca Lagunera**

**POR**

**JOSE LUIS LECHUGA MEDINA**

**TESIS**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA**

**JUNIO DE 2017**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Efecto del extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* sobre el rendimiento  
de alfalfa (*Medicago sativa*) de segundo año en la Comarca Lagunera

POR

JOSE LUIS LECHUGA MEDINA

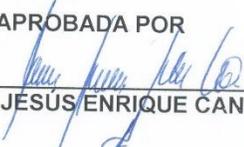
TESIS

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

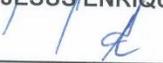
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

PRESIDENTE:

  
DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO

VOCAL:

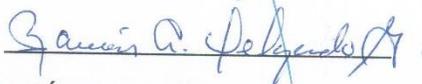
  
DR. RAMIRO GONZÁLEZ ÁVALOS

VOCAL:

  
MVZ. GUAHATEMOC FÉLIX ZORRILLA

VOCAL SUPLENTE:

  
M.C. GERARDO ARELLANO RODRÍGUEZ

  
MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Efecto del extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* sobre el rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa*) de segundo año en la Comarca Lagunera

POR

JOSE LUIS LECHUGA MEDINA

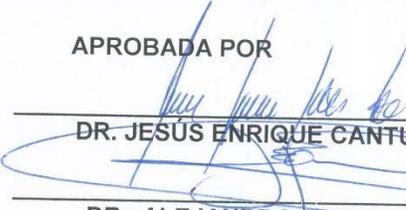
TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

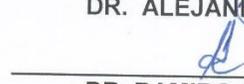
ASESOR PRINCIPAL:

  
DR. JESÚS ENRIQUE CANTU-BRITO

ASESOR:

  
DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

ASESOR:

  
DR. RAMIRO GONZÁLEZ ÁVALOS

  
MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Coordinación de la División Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, José Luis Lechuga Chávez y Aracely Medina Valverde, por apoyarme durante todo el tiempo que estuve de estudiante, y poder convertirme en una profesionalista.

A mis hermanos, Diana Alejandra Lechuga Medina y Pablo Lechuga Medina, por ser parte de mi formación y el apoyo incondicional.

A mi esposa Cinthia Lizeth Gastelum Loya y mi hija Ana Paulina Lechuga Gastelum por ser mi principal motivo para ser un profesionalista y motivarme a superarme día a día.

A mi Alma Mater, por los conocimientos adquiridos y por aceptarme ser parte de ella y darme una formación como profesionalista.

Al Dr. Jesús Enrique Cantú Brito, por brindarme todo su apoyo y permitirme ser parte de su proyecto de investigación para realizar mi tesis.

A todos los maestros del Departamento de Ciencias Médico Veterinarias: por sus sabios consejos y conocimientos

A mis familiares y amigos que siempre estuvieron apoyándome y motivándome para seguir superándome.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres por contar con su apoyo incondicional en todo momento, y a mis hermanos que siempre estuvieron motivándome para ser un mejor profesionalista.

A mi esposa y a mi hija que estuvieron siempre a mi lado, dándome todo su cariño y el apoyo para superar cada reto que se me presento en mi vida.

A mis abuelos que ya no están conmigo pero fueron mi motivación para llegar hasta aquí, sé que estarían muy orgullosos de verme como todo un profesionalista.

A mis familiares que estuvieron a mi lado durante estos 5 años, por sus consejos y su apoyo incondicional.

A mis amigos que siempre estuvieron pendiente de mí.

Gracias a la vida por darme tanto.

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo documentar el efecto sobre el rendimiento tanto en materia verde como seca de la alfalfa (*Medicago sativa*) del extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* (AN) a diferencia del testigo del productor en alfalfa de segundo año y se llevo a cabo en un lote de terreno (52 ha) localizado en las “Tablas de Frías” del Grupo Tricio Haro (GTH), en la Comarca Lagunera de enero a junio de 2016. El diseño experimental fue un bloques al azar con dos tratamientos ( $T_1$ = Lote con aplicación del producto AN y  $T_2$ = Testigo productor) con 10 repeticiones y seis cortes. La alfalfa se estableció en diciembre de 2014 y el primer corte para evaluación se realizó en enero de 2016 y el sexto en junio. Las variables a evaluar fueron; altura (cm) y rendimiento de materia verde (MV) y materia seca (MS) en  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Los resultados indicaron que la aplicación del *Ascophyllum nodosum* indujeron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos a las variable altura de la planta y altamente significativas ( $P < 0.002$ ), para la producción de forraje tanto en verde como en seco. La variable altura promedio en el lote tratado de  $54.71 \pm 4.53$  y del lote testigo de  $49.20 \pm 4.67$  cm reportando una diferencia mínima significativa de 3.942. El rendimiento promedio por corte de MV del lote tratado obtuvo  $T_1 = 13,488 \pm 1,100.71$   $\text{kg ha}^{-1}$  mientras que en el lote testigo fue de  $T_2 = 10,888 \pm 724.80$ . En MS el lote tratado obtuvo un rendimiento promedio por corte de  $T_1 = 2,743.16 \pm 207.25$   $\text{kg ha}^{-1}$  mientras que en testigo fue de  $T_2 = 2,231.50 \pm 155.76$   $\text{kg}$  de forraje seco. La producción del forraje obtenido, en general, fue mayor con la aplicación de *Ascophyllum nodosum* ya que existió un efecto que favoreció el aumento del rendimiento de forraje de la alfalfa.

**Palabras clave:** Alfalfa, *Ascophyllum nodosum*, rendimiento y segundo año

## ÍNDICE

	Página
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>viii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
Objetivo	2
Hipótesis	3
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
2.1 Importancia de alfalfa	4
2.2 Importancia y superficies de alfalfa en la Comarca Lagunera	6
2.3 Importancia del cultivo de la alfalfa	9
2.4 Fertilización orgánica en cultivos con algas marinas	13
2.5 Fertilización orgánica en alfalfa	18
2.6. Rendimiento de materia seca en alfalfa	25
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>32</b>
3.1 Localización	33
3.2 Duración	34
3.3. Materiales	35
3.4 Métodos	35
3.4.1 Aplicación del producto en campo	36
3.4.2 Calendarios de riegos y cortes	38
3.5. Tratamientos	39
3.5.1 Variables a evaluar	40
3.5.2 Rebrote de las plantas	40
3.5.3 Altura de las plantas	41
3.5.4 Rendimiento del cultivo (RC).	41
3.5 Diseño experimental	44
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>45</b>
4.1 Rebrote de las plantas (RP)	45
4.2 Altura de las plantas (AP)	48
4.3 Producción del cultivo (RC)	52
4.3.1 Producción de Materia Verde (MV)	52

4.3.2 Producción de Materia Seca (MS)	56
5. CONCLUSIÓN	62
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

## ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Superficies del cultivo de la alfalfa en México, así como la producción anual y el valor de la producción del año 2011 al 2015 según datos de SIAP-SAGARPA, 2016.	6
Cuadro 2	Superficies del cultivo de la alfalfa en la Comarca Lagunera de Coahuila, así como la producción anual y el valor de la producción del año 2011 al 2015 según datos de SIAP-SAGARPA, 2016.	7
Cuadro 3	Superficies del cultivo de la alfalfa en la Comarca Lagunera de Durango, así como la producción anual y el valor de la producción del año 2010 al 2015 según datos de SIAP-SAGARPA, 2016.	8
Cuadro 4	Efecto de la aplicación de vermicomposta de estiércol de vaca sobre la altura y rendimiento verde en alfalfa (Alwaneen, 2016).	26
Cuadro 5	Altura de la planta, rendimiento de forraje seco y verde en alfalfa bajo tres niveles de nitrógeno bajo riego por cinta (Fimbres y Navarrete, 2010).	28
Cuadro 6	Comparación de medias de producción de materia seca de forraje ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en diferentes niveles de fósforo en seis cortes de alfalfa (Montemayor et al. 2012).	29
Cuadro 7	Rendimiento de forraje ton/ha y promedio de tres años (2007-2009) de materiales de alfalfa predio Trincheras, DELMAR, S.A. Saucillo, Chihuahua, México (Terrazas et al., 2012)..	30
Cuadro 8	Calendario de cortes y riegos de la alfalfa de segundo año utilizado en la aplicación de Acadian Suelo vs fertilización del productor en la Comarca Lagunera en el ciclo enero-junio de 2016.	39
Cuadro 9	Rebrote de las plantas (RP) del cultivo de la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) en alfalfas de segundo año en la Comarca Lagunera tratado con el extracto comercial de <i>Ascophyllum nodosum</i> ,	45

	y el testigo comercial en seis cortes el ciclo invierno-verano de 2016.	
Cuadro 10	Altura de las plantas (AP) del cultivo de la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) en alfalfas de segundo año en la Comarca Lagunera tratado con el extracto comercial de <i>Ascophyllum nodosum</i> y el testigo comercial en seis cortes el ciclo invierno-verano de 2016 en la Comarca Lagunera.	49
Cuadro 11	Rendimiento de materia verde de forraje (Kg/ha) de alfalfa tratada con el extracto comercial de <i>Ascophyllum nodosum</i> vs Testigo comercial en alfalfa de segundo año en el ciclo invierno-verano del año 2016.	53
Cuadro 12	Rendimiento de materia seca (Kg/ha) de forraje de alfalfa tratada con el extracto comercial de <i>Ascophyllum nodosum</i> vs Testigo comercial en alfalfa de segundo año en la Comarca Lagunera, en el año 2016.	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Panorama general del cultivo de alfalfa utilizado para la evaluación de Acadian Suelo en alfalfas de segundo año en el ciclo invierno-verano en el año 2016.	33
Figura 2	Ubicación del lote de terreno de 52 hectáreas a 2.5 km de la carretera Ejido Granada a Ejido Solis, y al centro las 20 ha utilizadas para la evaluación de Acadian Suelo en alfalfas de segundo año en el ciclo invierno-verano en el año 2016.	34
Figura 3	Aplicación del producto Acadian suelo al cultivo de la alfalfa al momento del riego.	37
Figura 4	Preparación del producto en una cubeta de 20 lts para aplicación en cada tabla.	37
Figura 5	Aplicación del producto en la salida de la válvula de agua para mejor distribución del producto.	37
Figura 6	Aplicación del producto en la corriente de agua de la tabla para una mejor distribución del producto.	37
Figura 7	Coloración café-oscura del agua de riego con el producto al final de las tablas del cultivo de la alfalfa.	38
Figura 8	Aplicación del producto en la corriente de agua y coloración café-oscura del producto en la tabla.	38
Figura 9	Extracción de la planta de alfalfa para el conteo de rebrotes en los lotes en el campo.	41
Figura 10	Conteo del número de rebrotes en el cultivo de la alfalfa antes de cada riego.	40
Figura 11	Método utilizado para evaluar la altura de las plantas de alfalfa, con cinta métrica.	41
Figura 12	Medición de la altura de las plantas de alfalfa con cinta métrica.	41
Figura 13	Método del cuadrante utilizado para evaluar el rendimiento de la alfalfa.	42
Figura 14	Pesaje de la alfalfa en el campo para obtener el rendimiento de materia verde, por unidad de superficie.	43

Figura 15	Colocación de las muestras en la estufa a 72 C° durante 24 horas para el secado de las muestras.	43
Figura 16	Pesaje de la alfalfa en el laboratorio para obtener el rendimiento de materia seca, para posteriormente convertir a kg por hectárea.	43
Figura 17	Rebrote de las plantas (RP) del cultivo de la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) tratado con el extracto comercial de <i>Ascophyllum nodosum</i> y el testigo comercial en promedio de seis cortes en alfalfas de segundo año el ciclo invierno- verano de 2016.	46
Figura 18	Evaluación del rebrote de las plantas (RP) del cultivo de la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) tratado con el extracto comercial de <i>Ascophyllum nodosum</i> y el testigo comercial en seis cortes en alfalfas de segundo año el ciclo invierno-verano de 2016.	47
Figura 19	Promedios de la evaluación de altura de las plantas (AP) del cultivo de la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) tratado con el extracto comercial de <i>Ascophyllum nodosum</i> y el testigo comercial en seis cortes en alfalfa de segundo año el ciclo invierno - verano de 2016.	50
Figura 20	Resultados y tendencias de altura de las plantas (AP) de la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) tratado con el extracto comercial de <i>Ascophyllum nodosum</i> y el testigo comercial en cada corte en alfalfa de segundo año el ciclo invierno - verano de 2016.	51
Figura 21	Promedio de la producción de materia verde (MV) (Kg/ha) del cultivo de la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) tratado con el extracto comercial de <i>Ascophyllum nodosum</i> y el testigo comercial en promedio de seis cortes en alfalfas de segundo año el ciclo invierno-verano de 2016.	54
Figura 22	Producción por corte de materia verde (kg MV ha <sup>-1</sup> ) del cultivo de la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) tratado con el extracto comercial de <i>Ascophyllum nodosum</i> y el testigo comercial en alfalfa de segundo año el ciclo invierno-verano de 2016.	55
Figura 23	Rendimiento de materia seca (MS) (Kg/ha) del cultivo de la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) tratado	58

con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* y el testigo comercial en seis cortes en alfalfas de segundo año el ciclo invierno-verano de 2016 en la Comarca Lagunera.

Figura 24

Producción acumulada (MS) (Kg/ha) del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) tratado con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* y el testigo comercial en seis cortes en alfalfas de segundo año el ciclo invierno-verano de 2016 en la Comarca Lagunera.

60

## 1. INTRODUCCIÓN

A través del tiempo, los productores de leche han invertido en infraestructura, en mejoramiento genético de sus animales, confort para los mismos, obras de infraestructura costosas como las sobras en los corrales, salas de ordeña muy especializadas y también en mejorar considerablemente las raciones alimenticias de sus animales.

La alfalfa, es un cultivo que soporta en gran medida el sistema actual de producción de forrajes y leche en la Comarca Lagunera y los productores también han realizado acciones específicas para incrementar la producción de forraje al mismo tiempo de obtener un forraje de excelente calidad nutritiva, a través de la introducción de nuevas variedades, sistemas de riego y alternativas más amigables con el ambiente en cuanto la aplicación de fertilizantes al ir sustituyendo los fertilizantes químicos por orgánicos.

Los fertilizantes orgánicos, se han ido desarrollando como una alternativa sustentable en la creciente industria de la producción de forrajes la cual requiere de mantener y mejorar la calidad del suelo, incrementando la atención en utilizar fertilizantes que desarrollen sistemas de nutrición de las plantas y que mantengan y mejoren la productividad del suelo, como lo representa el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum*, un fertilizante orgánico de origen marino, con la integración e incorporación de algas marinas con la comunidad del suelo, indudablemente es muy complejo y los beneficios dependen del tipo de cultivo y de las condiciones ambientales locales, los cuales se han probado en cultivos hortícolas y frutales, con

muy buenos resultados, estas algas pueden ser aplicadas a través de aspersiones foliares y estimular el crecimiento de la planta, con mayor tolerancia en las heladas, sequías y sales, mayor actividad fotosintética y resistencia contra hongos, virus y bacterias, mejorando los rendimientos y productividad de muchos cultivos (Sharma *et al.*, 2014).

Una de esas alternativas lo representa, el empleo de fertilizantes orgánicos líquidos de origen marino como el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum*, el cual ya está disponible en el mercado por lo tanto, se hace necesario evaluar su impacto en el cultivo de la alfalfa de segundo año, tanto sobre el rendimiento de materia verde como seca y altura del forraje producido, así como también, sus efectos en la composición química del suelo después de la aplicación de ese mismo producto a lo largo de un año en la Comarca Lagunera.

### **Objetivo**

Documentar el impacto del extracto comercial de *Ascophyllum nodosum*, a diferencia de la química en alfalfa de segundo año sobre altura de la planta (cm), rendimiento de materia verde (Kg/ha) y producción de materia seca (Kg/ha) de la alfalfa (*Medicago sativa*) en la Comarca Lagunera.

### **Objetivos específicos**

1. Evaluar el efecto de la fertilización del extracto comercial de *Ascophyllum nodosum*, sobre la producción de la materia verde de alfalfa (Kg ha<sup>-1</sup>).
2. Determinar el efecto del extracto comercial de *Ascophyllum nodosum*, sobre la producción de la materia seca de alfalfa (Kg ha<sup>-1</sup>).

3. Medir la altura de las plantas en alfalfa (cm), a través del año.

4.- Documentar por conteo directo el rebrote de las plantas de alfalfa (No. de rebrotes/metro cuadrado)

### **Hipótesis**

El impacto en alfalfas de segundo año sobre el rendimiento y la altura del cultivo de la alfalfa varían de acuerdo al nivel de fertilización, aumentando con la fertilización de extracto comercial de *Ascophyllum nodosum*, vs la fertilización comercial.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia de la alfalfa

La alfalfa es uno de los cultivos más importantes, es cultivada en todo el mundo para usarse como forraje para la alimentación de ganado y tiene el valor nutricional más alto de los cultivos forrajeros. En el caso de México, se ha identificado una demanda potencial de alfalfa de alrededor de hasta 69 millones de toneladas anuales, esta cantidad si se usa la ración teórica óptima recomendada de alfalfa en la dieta de las poblaciones de los diferentes tipos de ganado. Sin embargo la demanda actual real es considerablemente menor ya que se concentra principalmente en el ganado lechero, el cual se estima consume 3 millones de toneladas anuales (SAGARPA, 2009).

A nivel nacional, en el año 2015 se sembraron 386,703 hectáreas de alfalfa y reflejo de esa actividad se produjeron 32,575,005 toneladas de forraje, que reportan un rendimiento promedio por hectárea de 84.75 Ton de materia verde y un valor de la producción de 15,489 millones de pesos (SIAP-SAGARPA, 2016).

La Comarca Lagunera ocupa el primer lugar a nivel nacional en la producción de leche, carne de ave y forrajes. En el año 2015 el valor de la producción agropecuaria de la región ascendió a los 38 mil 600 millones de pesos, colocando a ésta zona del país en el séptimo lugar a nivel nacional, que en conjunto, son los primeros productores de leche de país, con más de 2 mil 330 millones de litros anuales, de los cuales el 42 por ciento corresponden a La Laguna de Durango y 58% a la Laguna de Coahuila, ocupando también el primer lugar en producción de

carne de ave con más de 196 millones de pollos sacrificados cada año, el 75 por ciento se ubican en Durango (SIAP-SAGARPA, 2016).

De acuerdo con estadísticas de SIAP-SAGARPA (2016) en promedio en la Comarca Lagunera se cultivan 110 mil hectáreas de forrajes al año y se producen poco más de 6 millones de toneladas de la más alta calidad y excelentes rendimientos, por lo que ocupa la Laguna el primer lugar nacional en producción de forrajes en superficies irrigadas.

En la región templada y semiárida de México, donde se dispone de riego, el cultivo de la alfalfa tiene importancia muy acentuada, ya que es un forraje que soporta en gran medida la alimentación básica del ganado bovino productor de leche, en los sistemas intensivos. En las condiciones actuales de los sistemas de producción agropecuaria y la disponibilidad de equipo para la cosecha de forrajes, no es posible considerar alguna especie con las características nutritivas como las tiene la alfalfa.

El valor como forraje de la alfalfa es insustituible, ya que debido a la creciente población de vacas lecheras en la Comarca Lagunera, la alfalfa soporta en gran medida la alimentación de 493,144 vacas en el año 2016, de las cuales 227,211 mil se encuentran en producción, la cual se calcula es de casi 9 millones de litros de leche por día, lo cual representa una producción record a nivel nacional de 2,336 millones de litros al año, los cuales impactan de manera importante la economía de la región ya que el valor que genera dicha actividad es alrededor de los 15,409 millones de pesos (SIAP-SAGARPA, 2016).

En el cuadro uno se muestran las superficies del cultivo de la alfalfa en México de año 2011 al 2015 según datos de SIAP-SAGARPA, 2016.

Cuadro 1. Superficies del cultivo de la alfalfa en México, así como la producción anual y el valor de la producción del año 2011 al 2015 según datos de SIAP-SAGARPA, 2016.

AÑO	Superficie (Ha)	Producción (Ton/año)	Valor de la producción
			(Millones de pesos)
2011	387,799	28,247,520	13,055
2012	391,184	31,019,937	15,132
2013	389,809	31,270,803	14,537
2014	287,571	31,538,099	14,677
2015	386,703	32,575,005	15,489

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

## 2.2 Importancia y superficies de alfalfa en la Comarca Lagunera

La superficie de este cultivo en la Comarca Lagunera se ha mantenido relativamente constante a partir del año 2010 a la fecha con una superficie aproximada de 39,000-42,000 ha (SIAP-SAGARPA, 2016) (Cuadro 2). Aunque tiene otros usos, es considerado un excelente forraje para la alimentación del ganado debido a sus valores nutricionales, al grado que se le conoce como la "reina de los forrajes", y este es el principal motivo por el cual se ha sembrado en la región, donde incluso la superficie señalada, aunada a la dedicada a otros forrajes estacionales, es insuficiente para mantener un hato bovino lechero que presenta un inventario de 452,000 cabezas, de las cuales se reportan en producción 247 mil vacas, aparte de los caprinos, bovinos de carne y otras especies animales domesticadas con valor económico y/o social para la población lagunera.

Cuadro 2. Superficies del cultivo de la alfalfa en la Comarca Lagunera de Coahuila, así como la producción anual y el valor de la producción del año 2011 al 2015 según datos de SIAP-SAGARPA, 2016.

AÑO	Superficie (Ha)	Producción (Ton/año)	Valor de la producción
			(Millones de pesos)
2011	14,617	1,210,205	484.08
2012	14,916	1,311,220	630.66
2013	15,026	1,299,432	602.98
2014	15,315	1,369,212	741.84

2015	15,011	1,296,265	764.37
------	--------	-----------	--------

La superficie sembrada para el estado de Durango en el 2015 fue de 24,091.07 ha con un rendimiento promedio de 87.68 (ton/ha) y una valor de la producción de 1,057 millones de pesos, por otro lado en la Comarca Lagunera de Coahuila se establecieron 15,011.80 ha con un rendimiento promedio de 86.35 (Ton/ha) de materia verde y un valor de la producción de 764.37 millones de pesos (SIAP-SAGARPA, 2016) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Superficies del cultivo de la alfalfa en la Comarca Lagunera de Durango, así como la producción anual y el valor de la producción del año 2010 al 2015 según datos de SIAP-SAGARPA, 2016.

AÑO	Superficie (Ha)	Producción (Ton/año)	Valor de la producción (Millones de pesos)
2011	23,166	1,971,200	790.40
2012	24,693	2,449,185	1,367.07
2013	23,779	2,515,849	1,535,013
2014	23,860	2,603,511	1,220.65
2015	24,091	2,112,277	1,057.97

En el año 2016, SAGARPA (2017), reporta una superficie de alfalfa a nivel Comarca Lagunera de 39,628 ha, con una producción total de 3,397,125 toneladas y un valor de la producción para este cultivo de 1,953,201 millones de pesos.

### **2.3 Importancia del cultivo de la alfalfa**

Un componente importante de la agricultura sustentable es mantener la productividad y mejorar la calidad del suelo. Se ha incrementado la atención en desarrollar sistemas de provisión de nutrientes hacia la planta que mantengan y mejoren la productividad del suelo a través de una utilización equilibrada de fertilizantes de fuentes orgánicas de nutrientes para las plantas, incluyendo la fijación del nitrógeno biológico (Singh *et al*, 2012; Dwivedi, 2014).

Un programa bien planificado de aplicación de fertilizante es necesario para la producción de forraje de alfalfa. El programa de fertilizantes para la alfalfa debe lograr tres objetivos principales (Manitoba Forage Council, 2006):

1. Proporcionar niveles de nutrientes que produzcan el máximo rendimiento y calidad de forraje.

2. Proporcionar un entorno en el que la bacteria de *Rhizobium* pueda eficientemente fijar nitrógeno. Esto elimina la necesidad para el fertilizante de nitrógeno y también asegura que el forraje de alto contenido proteico.

3. Proporcionar la fertilidad del suelo y otras condiciones del suelo que aseguren la longevidad del sitio o stand de la alfalfa.

De acuerdo con Manitoba Forage Council (2006), las alfalfas recién plantadas o establecidas necesitan un suministro disponible de fósforo, potasio y

otros nutrientes vegetales inmediatamente después de la emergencia. Sin embargo, tasas elevadas de fertilizante colocado con las semillas durante la siembra podría dañar a las plántulas. Los fertilizantes aplicados en la siembra deben ser colocados a una cierta distancia de la semilla para evitar dañar las semillas, pero lo suficientemente cerca para ser eficaz. Si la maquinaria para la colocación exacta de fertilizante no está disponible, el fertilizante puede ser anillado antes de sembrar, o incorporado tres a cuatro pulgadas (7,5 a 10 centímetros) en el suelo durante la preparación del suelo para la siembra.

El fósforo es el nutriente más importante para aplicar a tiempo para la siembra de alfalfa. El uso de fertilizante de fósforo incrementa el vigor de las plántulas. Aplicar 30 libras/acre (33-35 kilogramos/hectárea) durante la siembra ha demostrado aumentar el tamaño de la plántula hasta por cuatro veces en comparación con la ausencia de aplicación de fósforo. La mejor respuesta al fósforo es obtenido cuando se logra incorporar una pulgada (2.5 centímetros) directamente debajo de la semilla (Manitoba Forage Council, 2006).

Una buena respuesta también se obtiene cuando el fósforo se coloca una pulgada (2.5 cm) por debajo y 1 pulgada (2.5 centímetros) al lado de la semilla. La investigación ha demostrado que el fósforo en bandas puede duplicar el tamaño de la plántula dentro de los primeros 30 días de aparición en comparación con lotes sin aplicación. Un problema lo representa colocar el fósforo superior a 1 pulgada (2.5 centímetros) al lado de la semilla, o de radiodifusión y su incorporación en el suelo, reduce su eficacia a la nueva planta (Manitoba Forage Council, 2006).

El nitrógeno. La investigación ha demostrado que pequeñas adiciones de nitrógeno pueden aumentar el número de plántulas así como el mejor establecimiento y por ende aumentar los rendimientos. Aplicar 25 a 30 lb/acre de nitrógeno cuando la alfalfa se siembra en suelos de textura gruesa con bajo contenido de materia orgánica (menos de 2%). Aplicar 20 a 35 lb/acre nitrógeno cuando la siembra de alfalfa es acompañada de una especie y aplicar 40 a 55 lb/acre nitrógeno si la siembra de alfalfa será cosechada al mismo tiempo que la especie con la que está asociada para obtener forraje como ensilaje (Undersander et al., 2011).

Estiércol. El estiércol es una fuente de macronutrientes y micronutrientes y pueden utilizarse para ayudar a satisfacer las necesidades nutritivas de la alfalfa. Se recomienda realizar pruebas de estiércol antes de la aplicación de cualquier cultivo (Undersander et al., 2011).

Para la aplicación antes de la siembra, el estiércol debe estar bien mezclado con el suelo y se limita a aplicaciones de no más de 7 toneladas por acre de estiércol de bovino de leche sólido o bien 20,000 galones/acre de estiércol líquido (los requisitos y limitaciones ambientales pueden bajar las dosis recomendadas) (Undersander et al., 2011).

El empleo integrado de fertilizantes químicos y orgánicos, puede ser una buena aproximación para el establecimiento de una producción sostenible de cosechas de forrajes. El empleo integrado de materiales orgánicos y fertilizantes químicos es beneficioso en el incremento de la producción de cosecha, mejora el

pH de suelo, carbón orgánico y hace disponibles el N P y K en suelos de textura arenosa (Mohsin, *et al.*, 2012).

La Alfalfa ha sido ampliamente cultivada en diferentes zonas del mundo en más de 32 millones de hectáreas a causa de su forraje, la calidad nutricional y altos valores de producción de biomasa (Veronesi *et al.* 2010; Xie *et al.* 2013). Es una de las más importantes especies leguminosas forrajeras en México y el mundo, y es considerado el mayor contribuyente a la agricultura sustentable debido a que uno de los más importantes componentes de la sustentabilidad lo representa la productividad y mejoramiento de la calidad y fertilidad del suelo (Kertikova 2008). La alfalfa es importante para aumentar la fertilidad del suelo en que se cultiva. Esto ocurre porque después de cada corte una cantidad equivalente de la raíz muere es incorporada al suelo proporcionando materia orgánica al suelo, la cual puede ser inmediatamente degradada por microorganismos del suelo.

Décadas anteriores, y mucho antes del auge y advenimiento del uso de fertilizantes químicos, la mayoría de los agricultores confiaban en la aplicación de la materia orgánica como la fuente exclusiva de nutrientes para promover la salud y la productividad del suelo. Más tarde, durante la revolución verde, cuando comenzó la era de los fertilizantes químicos, los agricultores dejaron de utilizar la materia orgánica porque los fertilizantes químicos eran un sustituto eficaz como una fuente rápida de suministrar sustancias nutritivas. Sin embargo, los fertilizantes inorgánicos aumentaron considerablemente la producción de las cosechas, pero, por otra parte,

su empleo casual y continuo tuvo impactos negativos a la estructura de suelo y efectos adversos sobre la contaminación en aguas subterráneas (Mohsin, *et al.*, 2012)

La aplicación de fertilizantes minerales, como parte del manejo de la fertilidad del suelo bajo sistemas de cultivo continuo y muy intensivo ya no es viable debido a la poca disponibilidad, alto costo donde están disponibles y los numerosos efectos secundarios sobre el suelo (Akindede y Okeleye, 2005). Los agricultores que han utilizado fertilizantes minerales durante muchos años generalmente notan signos de agotamiento del suelo mostrado por la apariencia de la planta enfermas, las hojas con decoloraciones, retardo del crecimiento y de bajo rendimiento. Un uso combinado de ambos fertilizantes orgánicos e inorgánicos es beneficiosa. La investigación ha demostrado que la adición de abonos orgánicos junto con fertilizante mineral resultará en aumentar el rendimiento de las cosechas (Akanbi, 2002), se evaluó el efecto del fertilizante sobre el rendimiento de grano de soya. Informó que los nutrientes en los fertilizantes inorgánicos están fácilmente disponibles para la absorción de la planta de soya, previa solicitud, mientras que las formas orgánicas de nutrientes son generalmente más lentamente disponibles.

#### **2.4 Fertilización orgánica en cultivos con algas marinas**

El mercado más grande de bioestimulantes en 2012 fue Europa. El Consejo Europeo de la Industria de Bioestimulantes (EBIC) informó que en 2012 más de 6,2 millones de hectáreas fueron tratadas con bioestimulantes en Europa. Se prevé que el mercado mundial de bioestimulantes alcance los 2.241 millones de dólares en

2018 y que tenga una tasa de crecimiento anual compuesta del 12,5% entre 2013 y 2018 (Calvo, 2014).

Se sabe que los extractos de algas tienen un efecto positivo sobre el desarrollo de la planta, incluyendo un mejorado índice de crecimiento, prolificidad del sistema radicular, y mejora de la tolerancia al estrés biótico y abiótico en distintos cultivos (Calvo, 2014; Khan, 2013).

Los efectos bioestimulantes a menudo se han atribuido a la presencia de hormonas de crecimiento de plantas y compuestos relacionados de bajo peso molecular presentes en los extractos. Responsables de los efectos potenciadores de crecimiento en las plantas (Calvo, 2014; Battacharyya et al., 2015).

Aumentos en la formación de raíces laterales, volumen total de raíz y longitud de raíz, así como la absorción de nutrientes.

El extracto de algas marinas estimuló el crecimiento de la alfalfa y la nodulación de las raíces al mejorar el apego de *Sinorhizobium meliloti* a los pelos radiculares.

Estudios recientes han mostrado un mayor crecimiento y rendimiento en cultivos agrícolas y hortícolas (Calvo, 2014).

Al aplicar ANE existen incrementos en el contenido de proteína total (Calvo, 2014). Aumento del contenido de clorofila foliar después de la aplicación de extracto de algas marinas en varios estudios (Alam, 2013). Además el extracto de *Ascophyllum nodosum* indujo una serie de factores de resistencia a las

enfermedades en cultivos y una subsiguiente reducción en la gravedad de la enfermedad (Calvo, 2014; Sangha et al., 2014).

La aplicación de estiércol a la alfalfa raramente es recomendable ya que la planta no necesita nitrógeno. La relación simbiótica de la Alfalfa con la bacteria de rizobio permite la fijación de nitrógeno de la atmósfera (Parvanak y Chamheidar, 2014). El estiércol es un valioso recurso renovable y que puede ser utilizado como fertilizante en los cultivos forrajeros. Sin embargo, en muchos casos se aplica a las cosechas como un método de eliminación de residuos. Esta aplicación sin tener en cuenta el consumo de estos nutrientes puede conducir a la carga de nutrientes en el suelo y provocar la contaminación ambiental (Parvanak y Chamheidar, 2014).

Por otro lado, satisfacer las necesidades de fósforo y de potasio de alfalfa con estiércol puede proporcionar el nitrógeno que no es necesario y podría ser una amenaza para el medio ambiente porque el exceso de nitrógeno puede filtrarse a las aguas subterráneas. El material orgánico es utilizado para prevenir o mejorar los efectos negativos en plantas y rendimientos decrecientes. Se trata de material para disminuir la salinidad del suelo. Es uno de los mejores fertilizantes utilizados (Hassanpanah y Jafar, 2012).

Como conclusión esos investigadores documentaron que la aplicación de estiércol de vaca mejora significativamente el rendimiento de la alfalfa y ( $P \leq 0.05$ ) y en el segundo y tercer año, su rendimiento mostró un aumento significativo, por lo que la aplicación de 100 toneladas por hectárea de estiércol de vaca no conducen a una disminución del rendimiento en plantas. Por lo que utilización de acuerdo a lo

antes mencionado se recomienda la aplicación de estiércol en suelos bajo las condiciones del estudio.

El uso de fertilizantes inorgánicos es uno de los factores más importantes para aumentar el rendimiento de la cosecha en la producción de maíz y alfalfa. El fósforo es un elemento importante cuya aplicación es necesaria para el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los forrajes.

Basso y Rictchie (2005), mencionan que un rendimiento razonable y las utilidades pueden ser obtenidas a partir de la producción de forrajes, si los agricultores se refieren a sí mismos con las distintas maneras en las que el crecimiento y el rendimiento de la cosecha puede ser mejorada. Una de estas maneras es a considerar los requerimientos de nutrientes de los cultivos. Esto es importante porque el agotamiento de nutrientes del suelo es causado por el continuo establecimiento de cultivos. Esos mismos autores, sugieren que para un uso continuo de las tierras de cultivo, la utilización y producción de fertilizantes orgánicos e inorgánicos debe incorporarse al suelo, ya que esto proporcionará múltiples beneficios para mejorar la condición física y química de los suelos, así como mejorar el rendimiento de los forrajes.

La integración e incorporación de algas marinas con la comunidad del suelo, indudablemente es muy complejo y los beneficios dependen del tipo de cultivo y de las condiciones ambientales locales. La mayoría de los productos orgánicos de origen marino son extractos del *Ascophyllum nodosum*, cuyos usos en la agricultura han sido beneficiosos por la obtención de buenos rendimientos. Estos extractos

actualmente ya han sido usados en una amplia gama de productos incluyendo aplicaciones en la agricultura y que han demostrado que estimulan a las plantas y como acondicionadores del suelo (Popescu, 2012).

Estas algas pueden ser aplicadas a través de aspersiones foliares y estimular el crecimiento de la planta, con mayor tolerancia en las heladas, sequías y sales, mayor actividad fotosintética y resistencia contra hongos, virus y bacterias, mejorando los rendimientos y productividad de muchos cultivos (Sharma *et al.*, 2014).

El uso racional de productos de extractos naturales como una alternativa a algunos usos de fertilizantes químicos para incrementar la eficiencia de los cultivos es una meta importante que permite asegurar el desarrollo sustentable del ambiente, además de influir sobre el crecimiento vegetativo expresado en la longitud y diámetro de los tallos así como el área foliar (Popescu y Popescu, 2014).

Los usos de las algas marinas como fuentes de fertilizantes orgánicos de origen marino son muchos entre los que se incluyen; biofertilizante, abono verde, corrector de suelos ácidos por aplicación de macroalgas, compostas de macroalgas, harinas de macroalgas, bioestimulantes de extractos líquidos de macroalgas y como estructurador de suelos, por aplicación al suelo de microalgas vivas (Craigie, 2010).

Los extractos de algas en agricultura han empezado a tener impactos positivos a los suelos ya que causa un efecto bioestimulante, es 100% extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*), sin hormonas sintéticas, se puede aplicar

muchas veces durante el ciclo y los ingredientes activos son extractos de *Ascophyllum nodosum* (Craigie, 2010), los cuales han sido utilizados para incrementar la productividad de la planta y la producción de alimentos en varias regiones del mundo a través de sus efectos benéficos cuando son aplicados a los suelos.

Los extractos de *Ascophyllum nodosum* son un producto completamente natural, un complejo de nutrientes esenciales, que tiene efectos sobre los reguladores de crecimiento, minerales esenciales más disponibles de absorberse dentro de las células, aportan macro y micro nutrientes que actúan como cofactores y catalizadores en los procesos fisiológicos, contienen aminoácidos, betainas, vitaminas, antioxidantes y polisacáridos (Popescu y Popescu, 2014).

Aplicaciones como bioestimulantes en agricultura tienen como acción principal la de activar o manifestar una respuesta similar a las fitohormonas naturales ejem. citoquininas, auxinas y además presentan evidencias anti-estrés y anti-enfermedad, ligado a la producción de enzimas defensoras (Popescu y Popescu, 2014).

## **2.5 Fertilización orgánica en alfalfa**

Por décadas en la mayoría de las regiones con los sistemas agrícolas intensivos, los productores aumentaron los insumos en fertilización y especialmente altos niveles de N y P para alcanzar rendimientos más altos, que a menudo conduce a la acumulación de nutrientes del suelo (Pizzeghello et al., 2011). Sin embargo, existe poca información en la literatura científica sobre efectos de fertilización de

áreas donde el suelo P y/o N no son limitantes. Barbarick (1985) en ese año, informó que la aplicación de un alto nivel de fertilizantes en el suelo aumentaron el rendimiento de alfalfa irrigada sólo después de 4 años, con los conocidos impactos negativos al ambiente mientras, por lo que se hace necesario evaluar el efecto en el largo plazo de la aplicación de otros fertilizantes de origen orgánico.

De acuerdo con Diacono y Montemurro, (2010), las prácticas agrícolas comunes tales como el uso excesivo de agroquímicos, labranza profunda e irrigación intensiva, provocan suelos degradados, fuentes de agua contaminada y contaminación de la atmósfera. Existe una creciente preocupación por los problemas ambientales interrelacionados tales como la degradación de los suelos, la desertificación, la erosión acelerada, y los gases de efecto de invernadero y el cambio climático. La disminución en el contenido de materia orgánica de muchos suelos se está convirtiendo en un importante proceso de degradación de los suelos, especialmente en el Europeo y América y de regiones mediterráneas semiáridas. Los suelos degradados no son fértiles y por lo tanto no pueden mantener una producción sostenible. Al mismo tiempo, la producción de residuos orgánicos urbanos e industriales materiales es generalizada. Por lo tanto, se hace necesario estudiar y desarrollar estrategias de reciclado de residuos orgánicos en la agricultura con el objetivo de poder evaluar su desempeño e impacto (Diacono y Montemurro, 2010).

De hecho, los actuales calendarios y dosis de fertilización permitidos para maximizar el rendimiento y para preservar el valor nutritivo del forraje durante un

período de tres temporadas. En contraste, la fertilización con P no tuvo ningún impacto en el rendimiento o el valor nutritivo del forraje y causó la acumulación adicional de este elemento en el suelo a lo largo del tiempo, el aumento de los posibles impactos ambientales. Aunque las plantas de alfalfa evidenciaron una sostenida cantidad de K, la absorción durante la temporada de crecimiento, altas tasas de aplicación K condujo a una acumulación excesiva de K en la capa superficial del suelo. Los resultados de este estudio sugieren que las prácticas tradicionales de fertilización de alfalfa de alto rendimiento en suelos con un alto estatus nutricional deberá ser reconsiderado de una manera responsable al buscar alternativas más amigables con el ambiente y suelo (Macolino et al., 2013).

En la producción agrícola sustentable se hace imprescindible establecer relaciones entre la productividad de los cultivos y las características del suelo.

Un componente importante de la agricultura sostenible lo representa el mantener la productividad y mejorar la calidad del suelo. Un uso más eficaz de las fuentes para mejorar la fertilidad del suelo, consiste en aumentar la materia orgánica y la recuperación de los nutrientes que han sido extraídos y utilizados por los cultivos (Kusvuran et al. 2014).

La alfalfa es importante para aumentar la fertilidad del suelo en que se cultiva. Esto ocurre porque después de cada corte una cantidad equivalente de su sistema radicular muere y se incorpora al suelo y así proporciona materia orgánica que puede ser inmediatamente descompuesta por microorganismos del suelo. Con el advenimiento del concepto de agricultura sostenible, la sustentabilidad de la

productividad del suelo ha venido aumentando en aquellas áreas donde la dependencia de agroquímicos y fertilizantes ha aumentado fuertemente en la producción de cultivos (Singh et al. 2012; Dwivedi 2014).

Con las tecnologías disponibles ahora se presta más atención a mejorar la productividad del suelo, a través de un equilibrio en el uso de fertilizantes minerales combinados con fuentes orgánicas (Singh et al. 2012; Dwivedi 2014). La aplicación e incorporación de materiales orgánicos de diversos orígenes al suelo mejora la calidad del suelo y la productividad de las plantas (Celik et al. 2004).

Las leguminosas contribuyen a la sostenibilidad de la agricultura, por muchas razones: reduce a aplicación de los fertilizantes minerales, reduciendo el la producción  $N_2O$  y aumentando la fijación de  $N_2$ , renueva y enriquece la fertilidad de los suelos, debido a su profundidad alcanzando el sistema radicular, las cuales descomponen rápidamente la biomasa de sus raíces acumulándose en el suelo (Luscher et al., 2014; Kusvuran et al., 2014).

Las leguminosas se han convertido en una práctica muy popular de los cultivos sostenibles, como la fijación del nitrógeno atmosférico, que puede ser transferido a un cultivo posterior a través de la mineralización de los residuos (Luscher et al., 2014).

El nitrógeno proveniente de la fijación nitrógeno biológico es una fuente importante de nitrógeno que es utilizado directamente por las plantas. Muchas de las leguminosas podrían obtener entre un 50 a un 80% de sus necesidades de nitrógeno a través de la fijación del nitrógeno biológico. Por lo tanto, la necesidad

de fertilizantes de nitrógeno disminuyen y mejora la nutrición nitrogenada de las plantas contribuyendo con ello en un aspecto ecológico sumamente importante (Pachev et al., 2009).

El estiércol producido por la actividad ganadera en sistemas intensivos es un producto peligroso capaz de causar una grave contaminación ambiental. Prácticas de manejo agronómico en la producción de forrajes en el uso del estiércol puede transformar el destino de un residuo en un recurso productivo (Annicchiarico et al., 2011).

De acuerdo a resultados obtenidos por Vasileva y Jostov (2015), el índice de rendimiento sostenible mostró el cultivo de alfalfa fue más estable bajo la fertilización orgánica en comparación con mineral. La alfalfa acumulo desde 4,017 a 6,027 kg/ha de biomasa de raíz seca por un período de 4 años de crecimiento. Existió desde 614 a 1371 kg/ha de biomasa de raíz adicional con la aplicación de estiércol. Con la fertilización mineral, la cantidad obtenida de masa radicular fue de 962 kg/ha a 1,077 kg/ha de raíces secas, mientras que con la fertilización con estiércol vario desde 1,141 a 1,475 kg/ha. Las plantas tratadas con abono de estiércol mostraron los valores más altos de nitrógeno en la masa de la raíz, mayor nitrógeno en la biomasa arriba del suelo (aérea) y una mayor cantidad de nitrógeno disponible en la planta. Además del nitrógeno, la alfalfa añade una considerable cantidad de materia orgánica al suelo. El contenido de los ácidos húmicos después de la fertilización mineral aumentó a 50,0% en comparación con el control y tres veces superior con la aplicación de estiércol. Por otro lado, el contenido de humus

en el suelo se incrementó en 8,0% después de la fertilización mineral y de 53,2% para las aplicaciones de estiércol (Vasileva y Jostov, 2015).

El contenido de humus en el suelo después de la fertilización con estiércol fue del 10,9 al 41,9% superior en comparación con el contenido de humus después de la aplicación de fertilizante mineral. Puede concluirse que la alfalfa de 4 años de establecida para el forraje, mejora la fertilidad del suelo, aumenta la raíz y biomasa superior y así mismo mejora las condiciones del suelo para el cultivo siguiente. La disminución del contenido de materia orgánica en los suelos de muchos países y de otros países en América, la fertilidad del suelo, el aumento de los costos de energía y de los fertilizantes nitrógenados en los últimos decenios, el papel de la alfalfa como un constructor de la materia orgánica del suelo y la conservación de la fertilidad del suelo es probable que ganara más importancia ecológica y económica en el futuro para la conservación de los suelos y la agricultura sostenible.

Las explotaciones intensivas lecheras modernas requieren un forraje de alta calidad, valor nutritivo y rendimiento y dependen a menudo de la alfalfa para satisfacer estas demandas. Se ha mejorado mucho la calidad de forraje de alfalfa al reducir los intervalos entre cortes (Rimi et al., 2012); sin embargo, las frecuentes disminuciones de los cortes de plantas inmaduras de la alfalfa podría conducir a una reducción en el rendimiento y por ende una disminución de su mantenimiento y persistencia (Kallenbach et al., 2002).

El rendimiento de materia seca de la alfalfa fertilizada con estiércol fue más alta de 9.5% a 15.9% comparada con la MS obtenida de alfalfa, abonada con fertilizante químico. El índice de rendimiento sostenible mostró que el cultivo de alfalfa era más estable bajo fertilización orgánica comparada con la mineral. La alfalfa acumulo de 4,017 a 6,027 kg/ha de masa seca de raíces por un período de 4 años de crecimiento. Existió una masa adicional de 614 a 1,371 kg/ha raíz con aplicación de estiércol. La cantidad de 962 kg/ha a 1,077 kg/ha fue encontrada para el nitrógeno en el rendimiento del peso de materia seca de la raíz con fertilización mineral y de 1,141 a 1,475 kg/ha con fertilización con fertilizantes orgánicos como el estiércol (Vasileva y Kostov, 2015).

En otro estudio realizado por Hakl *et al.*, (2016), reportaron en un estudio de 8 años el impacto de los diferentes tipos de fertilización orgánica sobre el rendimiento de alfalfa con 3 tratamientos el control, una mezcla de orgánicos y con estiércol, encontraron en el primer corte 3.77, 3.93 y 4.06 t/ha y en el segundo corte 3.96, 4.27 y 4.26 t/ha, existiendo diferencias significativas entre los tres tratamientos a una ( $P \leq 0.05$ ).

Alwaneen (2016), realizó un estudio con 5 tratamientos de vermicomposta de estiércol de vaca sobre la altura de la planta de alfalfa, documentando que el promedio oscilo entre 55-85 cm en diferentes tratamientos. La altura de la planta aumentó significativamente con el aumento de la proporción de compost con el suelo (Cuadro 4). La altura de la planta fue significativamente diferente entre los distintos tratamientos de vermicompost. El número máximo y mínimo de la altura de

planta de 85 y 55 cm se obtuvo en T-5 y T-1, respectivamente. La altura de planta promedio no fue significativamente diferente entre T-1 y T-3, entre T-2 y T-4 así como entre T-4 y T-5 los tratamientos a nivel de significancia del 5%. Sin embargo, la altura de la planta fue significativamente diferente entre T-3 y T-4 de los tratamientos. Se observó también que la altura de la planta aumentó significativamente con el aumento de la proporción de composta en los suelos de las macetas. Este aumento en la altura de la planta puede deberse a la más alta concentración de nutrientes de la planta en la vermicomposta del estiércol de la vaca, causando un mayor crecimiento de las plantas en comparación con los suelos de las macetas que tenían muy baja fertilidad inicial.

## **2.6. Rendimiento de materia seca en alfalfa**

De acuerdo a Alwaneen (2016), los resultados de su investigación, mostraron que el uso de vermicomposta de estiércol de la vaca tiene un gran potencial para el desarrollo de la producción y mantenimiento de las plantas de alfalfa y cultivos. En conclusión, la vermicomposta del estiércol de la vaca mostraron efecto significativo sobre el crecimiento de la planta, tanto para la alfalfa y vinca rose. Sin embargo, se necesitan estudios adicionales para determinar sobre la base de costo efectivo, que la vermicomposta del estiércol de la vaca es factible en aplicaciones comerciales. De acuerdo a Alwaneen (2016), el promedio de rendimiento de biomasa fresca fue de 65-123 g por maceta en diferentes

tratamientos (Cuadro 4). El rendimiento de biomasa aumentó significativamente con el aumento de la proporción de vermicomposta de estiércol de la vaca al suelo.

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de vermicomposta de estiércol de vaca sobre la altura y rendimiento verde en alfalfa (Alwaneen, 2016).

Tratamientos	Altura de las plantas, cm	Materia verde fresca, g
1	55	65
2	65	79
3	72	82
4	78	89
5	85	123
Media	71	87.6
Desv. estandar	11.59	21.61

El rendimiento de biomasa fresca media máxima de 123 g se obtuvo en T-5 (100% de vermicompost) y el rendimiento de biomasa fresca mínima de 65 g fue en el 100% de control T-1 esto en suelo arenoso. Se observó que el promedio de rendimiento de biomasa fresca no fue significativamente diferente entre T-1, T-2 y T-3 de los tratamientos. Pero el rendimiento de biomasa fue significativamente mayor en T-4 y T-5 que todos los otros tratamientos (Alwaneen, 2016).

Resultados reportados por Pervanak y Chamheidar, (2014) sobre la aplicación de estiércol en alfalfa, muestran que la comparación del rendimiento promedio de alfalfa bajo la influencia de diferentes niveles de estiércol de la vaca y en la tercera cosecha muestran un aumento de los niveles de tratamiento de estiércol de vaca, los brotes de alfalfa seca en pesos aumentó en los tres cortes.

Otros autores como Montemurro *et al.*, (2013) soportan que la aplicación de fertilizantes orgánicos (dos tipos de compostas) pueden incrementar los rendimientos de peso seco de alfalfa en 20.85 y 16.51 % comparados con el grupo control, resultados que muestran consistencia con los obtenidos en el presente estudio con un incremento de 18% de rendimiento y al final del experimento de tres años encontraron que el N<sub>2</sub> total en el suelo se incrementó significativamente en alfalfa de 1.32 a 1.45 g kg<sup>-1</sup>

Terrazas *et al.*, (2012), en su estudio de evaluación de 11 variedades de alfalfa concluyeron que el rendimiento de forraje promedio de los tres años de evaluación de las once variedades de alfalfa fue de 29.9 toneladas por hectárea de materia seca y varió de un rendimiento mínimo de 27.53 al máximo de 31.83 t MS ha<sup>-1</sup>, rendimientos consistentes con los obtenidos en el estudio considerando la realización de 10 cortes.

Reportes de estudios realizados por Fimbres y Navarrete (2010), concuerdan con lo obtenido en este estudio en donde obtuvieron rangos de rendimiento de MS entre 10.28 hasta 23.86 ton ha<sup>-1</sup> con eficiencias de utilización del agua de 0.96 a 1.07 (kg m<sup>-3</sup>) en doce cortes de alfalfa. Esos mismos autores Fimbres y Navarrete (2010), reportaron rangos de rendimiento de MS entre 18.42 hasta 19.78 ton ha<sup>-1</sup> con aplicaciones de 0 dosis de fertilizante N y 200 (kg ha<sup>-1</sup>) en doce cortes de alfalfa, no existiendo diferencias entre los tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Altura de la planta, rendimiento de forraje seco y verde en alfalfa bajo tres niveles de nitrógeno bajo riego por cinta (Fimbres y Navarrete, 2010).

Nitrógeno (Kg ha <sup>-1</sup> )	Altura de la planta (cm)	Forraje verde (Ton ha <sup>-1</sup> )	Forraje seco (Ton ha <sup>-1</sup> )
0	59.51	106.09	18.42
100	57.96	111.65	18.95
200	61.14	113.00	19.78

Montemayor et al. (2012) evaluaron niveles de fósforo en el cultivo de la alfalfa en la Comarca Lagunera sobre el rendimiento de materia seca, sus resultados se muestran en el Cuadro 6, se muestran los rendimientos de materia seca para los seis cortes realizados, en el primer corte a los 144 DDS los rendimientos no difirieron estadísticamente entre tratamientos, lo cual nos indica que el experimento es homogéneo en cuanto a la producción de materia seca y por consiguiente a las condiciones iniciales de la fertilidad del suelo, dado que la aplicación de fertilizantes se inició a los 130 DDS, catorce días antes del primer corte. Sin embargo, el mayor rendimiento de 3,854 kg de MS por ha<sup>-1</sup> fue en el tratamiento de 8 kg P ha<sup>-1</sup> y los menores rendimientos, se obtuvieron en las unidades experimentales donde se aplicó 4 y 0 kg ha<sup>-1</sup> de P; con un valor de 3,643 kg ha<sup>-1</sup> por corte.

Cuadro 6. Comparación de medias de producción de materia seca de forraje ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en diferentes niveles de fósforo en seis cortes de alfalfa (Montemayor et al. 2012).

Tratamiento	Corte <sub>1</sub>	Corte <sub>2</sub>	Corte <sub>3</sub>	Corte <sub>4</sub>	Corte <sub>5</sub>	Corte <sub>5</sub>	Media/ Cortes
T <sub>1</sub> (12 kg/P)	3760	3572	4371	3948	3507	3800	3826
T <sub>2</sub> (8 kg/P)	3854	3384	3760	3713	2915	3419	3507
T <sub>3</sub> (4 kg/P)	3643	3102	3666	3384	2704	3116	3269
T <sub>4</sub> (0 kg/P)	3643	2303	3149	2867	2028	2855	2807
CV	12.74	7.47	12.4	8.52	9.08	7.73	11.4

Los agricultores, que quieren reducir sus costos totales, suelen preferir la fertilización de cultivos comerciales en lugar de leguminosas forrajeras. En contraste a muy intensiva fertilización de alfalfa descrito por Macolino et al. (2013), la fertilización mineral directa se utiliza aproximadamente en la mitad del área total de Alfalfa en el año, mientras que las de siembra la utilización disminuyó rápidamente al 20%, muy inferior en años de cosecha (Hakl et al. 2014).

Terrazas *et al.*, (2012), realizaron un estudio para evaluar 11 variedades de alfalfa en tres años de 2007-2009 en donde reportaron un rendimiento promedio de forraje seco  $\text{ton ha}^{-1}$  reportando un rango máximo de 31,832 y un rendimiento mínimo de 27,538  $\text{Ton ha}^{-1}$  tal y como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. Rendimiento de forraje ton/ha y promedio de tres años (2007-2009) de materiales de alfalfa predio Trincheras, DELMAR, S.A. Saucillo, Chihuahua, México (Terrazas *et al.*, 2012).

Material	2007	2008	2009	Rendimiento promedio de forraje MS t/ha
Excelente 9HQML	37.7	31.0	30.6	31.832
El Camino 999ML	34.6	28.5	30.1	31.243
Belleza Verde	37.7	25.7	28.6	30.857
Excelente Plus	33.7	30.2	30.4	30.720
P58N57	32.6	28.1	31.6	30.681
RG57901	35.5	25.9	28.4	29.910
P59N49	33.3	28.6	27.6	29.831
Ojo Caliente	31.3	29.7	27.7	29.575
Río Conchos	34.3	24.8	27.9	29.013
El Camino 888	32.5	24.6	27.7	28.377
El Camino 1010	29.0	25.1	28.1	27.538

A pesar de las intensas investigaciones anteriores sobre la fertilización en alfalfa, existe una falta de estudios a largo plazo sobre la investigación de los efectos indirectos de la fertilización orgánica y N en el rendimiento dentro de aplicar la rotación de cultivos.

Por lo anteriormente expuesto, se hace necesario estudiar el impacto y efecto de fertilizantes orgánicos líquidos de extractos comerciales de *Ascophyllum nodosum* en el cultivo de la alfalfa de dos años de establecida, bajo condiciones y

prácticas de manejo (riegos y cortes) adoptadas por el productor en sistemas de producción altamente tecnificados e intensivos, como lo son en la Comarca Lagunera y específicamente, el poder evaluar el impacto de estas alternativas de fertilizantes sobre el rendimiento tanto en verde como en seco de la alfalfa, así como su altura.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La Comarca Lagunera es el nombre dado a la Zona localizada en el Bolsón de Mapimi y Las Lagunas de Mayran - Viesca. Está conformada por 6 municipios del estado de Coahuila, y 14 del estado de Durango. Dentro de ella se encuentra la novena Zona Metropolitana más poblada de México que es considerada una de las conurbaciones más jóvenes y de mayor ritmo de crecimiento en México. La Comarca Lagunera es una zona que se caracteriza por sus limitados recursos hídricos y por su clima seco muy caluroso en verano alcanzando hasta 53° y frío en invierno con temperaturas que oscilan los -5° y -15°. La Laguna es una zona que se caracteriza por sus limitados recursos hídricos y por su clima seco templado. Es una región, que se localiza en la zona norcentral de México, en llanuras y planicies de una altitud media de 1,100 msnm, circundadas por cadenas montañosas de 2,800 msnm a 3,700 msnm, consiste predominantemente en zonas áridas y semiáridas, donde por razones climáticas y de relieve se tiene de manera permanente un problema de baja o reducida disponibilidad de agua. La escasa precipitación y las características del terreno sólo favorecen la aparición de corrientes intermitentes y efímeras. Sólo los principales ríos tienen flujos permanentes.

La superficie agrícola bajo la modalidad de riego representa el 3.62 por ciento de la extensión total, mientras que la superficie bajo la modalidad de temporal solo alcanza el 1.10 por ciento de dicha extensión. Cabe señalar que en la modalidad de riego se incluye tanto el riego por bombeo como de gravedad (CONAGUA, 2010).

### 3.1 Localización

El presente proyecto se desarrollo, en un lote de terreno localizado en el predio de la unidad de producción del Grupo Tricio Haro, en la pequeña propiedad conocida como las “Tablas de Frías”, localizado aproximadamente a 2.5 km de la carretera entre el Ejido Solís y el Ejido Granada, disponiéndose de un lote de terreno de aproximadamente 52 hectáreas, en el cual se dispone de un sistema de riego subterráneo conocido como válvulas alfalferas (Figura 1), el cual permite el riego de cuatro tablas, partiendo de la válvula de salida del agua de 12 pulgadas de diámetro, asegurando el riego en una superficie aproximada de una hectárea



Figura 1. Panorama general del cultivo de alfalfa utilizado para la evaluación de Acadian Suelo en alfalfas de segundo año en el ciclo invierno-verano en el año 2016.

En la figura 2 se puede observar en la parte central del lote de las 52 ha, se requirió de un lote de 20 ha para la realización del presente experimento, utilizando 10 ha para el lote tratado y 10 ha para el lote testigo.

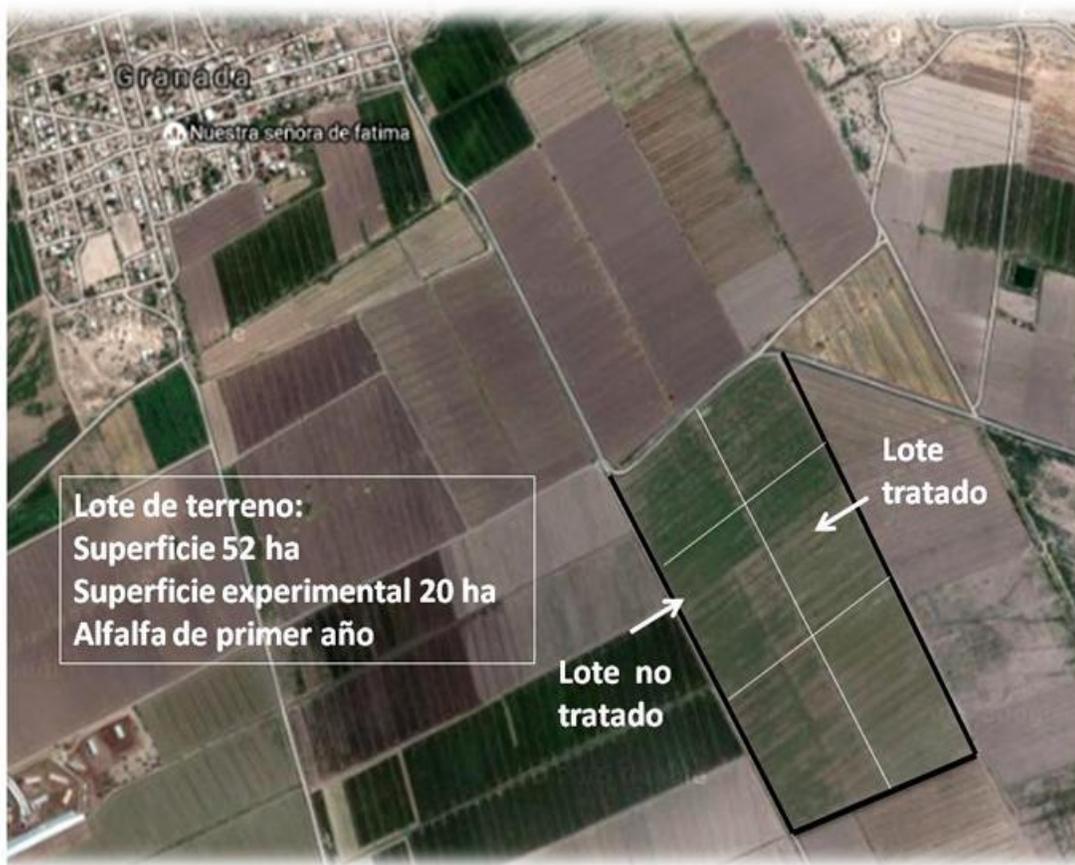


Figura 2. Ubicación del lote de terreno de 52 hectáreas a 2.5 km de la carretera Ejido Granada a Ejido Solis, y al centro las 20 ha utilizadas para la evaluación de Acadian Suelo en alfalfas de segundo año en el ciclo invierno-verano en el año 2016.

**3.2 Duración.** El presente proyecto de investigación se desarrolló en un periodo de seis meses iniciando con el primer corte del mes de enero de 2016 para

terminar con el corte seis en el mes de junio de ese mismo año, teniendo una duración de trabajo de campo de seis meses y de gabinete y análisis de datos de aproximadamente una año.

### **3.3 Materiales**

A parte de las 52 ha de cultivo de alfalfa, se utilizó un producto a base de extractos de algas marinas de *Ascophyllum nodosum* como fertilizante, un complejo nutritivo para cultivos forrajeros en general el Acadian Suelo que es una formulación especialmente diseñada para aplicaciones foliares con un pH de 7.8-8.2 y con certificación OMRI y BSC. Además para la prueba se requirió de un lote de un cultivo de alfalfa establecida de segundo año, sembrada en mes de diciembre de 2014, con una densidad de siembra de 30-35 kg/ha, de semilla peletizada previamente inoculada para las condiciones comerciales de la Comarca Lagunera y de fósforo se realizó una aplicación anual de fósforo a razón de 6.7 kg de  $P_2O_5$  por ton de forraje seco que se pretenda cosechar que corresponde aplicar 135 kg/ha de  $P_2O_5$  o la cantidad complementaria para alcanzar dicho contenido, cada año.

### **3.4 Métodos**

Se utilizó un lote de terreno de aproximadamente 52 ha, de alfalfa establecida en diciembre del año 2014, la cual fue evaluada con los mismos fertilizantes a lo largo del año 2015 y 2016, considerando para este último una alfalfa de segundo año. El producto se aplicó antes de cada riego de acuerdo al calendario del productor.

### 3.4.1 Aplicación del producto en campo

La dosis utilizada para el presente experimento fue de 1.0 Lt/ha. La aplicación del producto Acadian suelo en el campo se realizó al momento del riego, para lo cual el terreno se dividió en tablas o melgas de las mismas dimensiones en cuanto largo y ancho (30 m x 300 m) haciendo un total de 9,000 m el área de la tabla. Al momento de cada riego se realizó la preparación en campo al diluir 900 ml de Acadian Suelo en una cubeta de 20 lts (figuras 3 y 4) para aplicar en cada tabla, distribuyendo el producto de manera uniforme cada 15 minutos en la salida del agua de la válvula del sistema de riego, tal y como se muestra en las figuras 5 y 6, es importante mencionar que los productos nutritivos Acadian suelo son compatibles con la mayoría de los insecticidas, fungicidas y fertilizantes.

En las figuras 7 y 8 se puede observar como al momento del riego el producto se va transportando hacia las partes más bajas de la tabla, a través de la corriente, arrastrando el producto hasta el final de las tablas, logrando con ello la mejor distribución del producto en el campo.

Como se mencionó anteriormente se selecciono dentro del centro de las 52 ha, 20 ha por lo que el producto de aplico desde la tabla 7 a la 16 con el objetivo de evitar los efectos de orilla, tanto en el lote tratado como en el lote testigo, en las tablas del lado izquierdo se aplicó el producto y en las del lado derecho solo se distribuyó la lamina de agua, todo ello con el fin de facilitar la toma de muestras de campo.



Figura 3. Aplicación del producto Acadian en el suelo al cultivo de la alfalfa al momento del riego.



Figura 4. Preparación del producto en una cubeta de 20 lts para aplicación en cada tabla.



Figura 5. Aplicación del producto en la salida de la válvula de agua para mejor distribución del producto.



Figura 6. Aplicación del producto en la corriente de agua de la tabla para una mejor distribución del producto.



Figura 7. Coloración café-oscuro del agua de riego con el producto al final de las tablas del cultivo de la alfalfa.

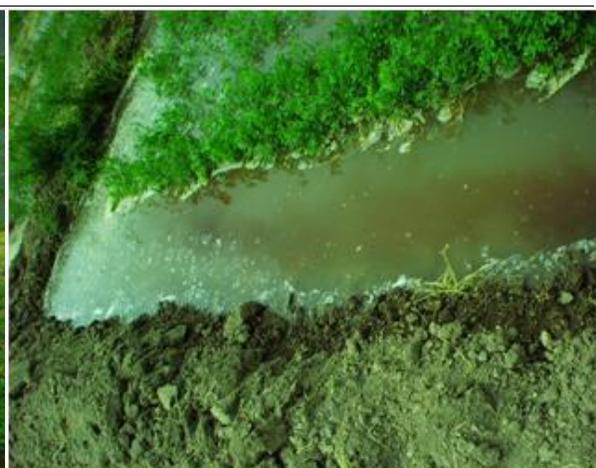


Figura 8. Aplicación del producto en la corriente de agua y coloración café-oscuro del producto en la tabla.

### 3.4.2 Calendarios de riegos y cortes

Parte primordial del presente estudio lo representó el calendario de riegos y cortes que se utilizó el cual se muestra en el cuadro 8, dicho calendario fue basándose ambos al programa de riegos y de cortes realizado por el productor cooperante, como se puede observar, existieron etapas en que los riegos y cortes, se prolongaron más de lo recomendado, o bien se realizaron antes de tiempo, lo anterior debido principalmente a la programación de riegos de los maíces y sorgos de primavera-verano, o bien al mantenimiento de las norias y en algunos de los casos a la falta de forraje verde de alfalfa por parte del productor teniéndose que realizar cortes del cultivo en pleno desarrollo vegetativo.

Cuadro 8. Calendario de cortes y riegos de la alfalfa de segundo año utilizado en la aplicación de Acadian Suelo vs fertilización del productor en la Comarca Lagunera en el ciclo enero-junio de 2016.

Fechas (Año 2016)	Cortes y riegos de alfalfa	No de riegos y cortes	Días entre riegos	Días entre cortes
	Lluvia fuerte 31 dic de 2015 y 1 ene 2016	15 mm		
25 y 26 de enero	Riego + Acadian	1	41	
15 de febrero	Corte para evaluación	1		55
28 y 29 de febrero	Riego + Acadian	2	34	
17 de marzo	Corte para evaluación	2	Lluvia 9,10 marzo	31
16 y 17 de abril	Riego + Acadian	3	48	
29 de abril	Corte para evaluación	3		43
	Sin Riego + Sin Acadian		Lluvia	
23 de mayo	Corte para evaluación	4	25	24
4 y 5 de junio	Riego + Acadian	4	19	
21 de junio	Corte para evaluación	5		19
8 de agosto	Corte para evaluación	6	Lluvia	38

### 3.5 Tratamientos

Los tratamientos utilizados fueron dos:

T<sub>1</sub>= Aplicación de Acadian suelo a razón de una dosis de 1.0 lt/ha

T<sub>2</sub>= Lote testigo, utilizando la fertilización comercial del productor

### 3.5.1 Variables a evaluar

Las variables evaluadas en el presente estudio fueron tres:

1. Obtención del rendimiento en verde (Kgn/ha) después de cada corte (n=6)
2. Obtención de la producción de materia seca (kg/ha) (n=6)
3. Evaluación de características morfológicas (No. de brotes) antes de cada riego y (n=6)
4. Evaluación de la altura (cm), antes de cada corte (n=6).

**3.5.2 Rebrote de las plantas.** (RP) La técnica utilizada para el conteo de rebrotes fue utilizando la técnica de conteo directo de los rebrotes de plantas al azar de cada uno de los lotes antes del momento de realizar el riego, ya que la altura de la planta (10-12 cm) permitió contar mejor los rebrotes tal y como se muestran en la figuras 9 y 10.



Figura 9. Extracción de la planta de alfalfa para el conteo de rebrotes en los lotes en el campo.

Figura 10. Conteo del número de rebrotes en el cultivo de la alfalfa antes de cada riego.

**3.5.3 Altura de las plantas.** (AP) El método de medición de la altura de las plantas fue con el método de la cinta métrica antes de cada corte, aproximadamente a los 28-35 días, dependiendo del corte del productor, con una cinta metálica de máxima longitud de 3 m, para realizar la medición se colocó la cinta métrica a ras del suelo y midiendo la altura máxima de las plantas de alfalfa tomando como guía el desarrollo de la última hoja y flor del centro, tal y como se muestran en las figuras 11 y 12.



Figura 12. Medición de la altura de las plantas de alfalfa con cinta métrica.

Figura 11. Método utilizado para evaluar la altura de las plantas de alfalfa, con cinta métrica.	
--	--

**3.5.4 Rendimiento del cultivo (RC).** El rendimiento de materia seca (MS) por hectárea ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) se determinó a partir de la producción de materia en verde (MV) antes de cada corte, aproximadamente cada 28-35 días, o como se mencionó a corte de productor, con una humedad del 65-70% y una materia seca del 25 al 30%. Para estimar el rendimiento de forraje se cortaron a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo 10 muestras por material de alfalfa de una superficie de  $0.3216 \text{ m}^2$  y esta fue de forma rectangular, (Figuras 13 y 14) el forraje que se cosechó y se pesó en verde.



Figura 13. Método del cuadrante utilizado para evaluar el rendimiento de la alfalfa.	Figura 14. Pesaje de la alfalfa en el campo para obtener el rendimiento de materia verde, por unidad de superficie.
--	---

Por otro lado, para la obtención de la materia seca (MS), se colocaron las muestras en una estufa a 72C° por 24 horas, para posteriormente volver a pesar en la báscula digital y obtener la producción de la materia seca se tomó una muestra de 300 g de forraje en materia verde a la que se le determinó su contenido de materia seca en estufa de aire forzado a 75 °C, (Figuras 15 y 16), con la información del peso seco se determinó el rendimiento de forraje en base a materia seca por hectárea (MS ha<sup>-1</sup>) en los materiales de alfalfa y se calcularon por corte, posteriormente el acumulado y al último por hectárea; los muestreos para estimar el rendimiento de forraje se realizaron de las 6 a las 11 de la mañana y fueron un día antes de que el productor realizara el corte comercial del lote de alfalfa.



<p>Figura 15. Colocación de las muestras en la estufa a 72 C° durante 24 horas para el secado de las muestras.</p>	<p>Figura 16. Pesaje de la alfalfa en el laboratorio para obtener el rendimiento de materia seca, para posteriormente convertir a kg por hectárea.</p>
--	--

### 3.6 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental bloques completamente al azar con dos tratamientos y 10 repeticiones. El modelo que se utilizó fue el siguiente:

$$T_{ijk} = \mu + T_i + B_j + E_{ijk}$$

Donde:

$T_{ijk}$ : Variables aleatorias a evaluar (rebrote, altura, rendimiento en Materia Verde y Materia Seca, etc)

$\mu$ : Promedio poblacional

$T_i$ : Efecto de los tratamientos (Acadian suelo vs testigo)

$B_j$ : Efecto de los bloques

$E_{ijk}$ : Error experimental aleatorio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Rebrote de las plantas (RP)

Los resultados obtenidos para el periodo de enero-junio de 2016 para RP para las seis evaluaciones (n=6) en campo, se muestran en el cuadro 9, encontrando que el análisis de varianza (ANVA) reportó que existieron diferencias altamente significativas a una ( $P < 0.05$ ), mostrando una diferencia mínima significativa (DMS) de 1.364, siendo el promedio del número de rebrotes del lote tratado de  $16.56 \pm 0.45$  y del testigo de  $13.56 \pm 0.59$ .

Cuadro 9. Rebrote de las plantas (RP) del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) en alfalfas de segundo año en la Comarca Lagunera tratado con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum*, y el testigo comercial en seis cortes el ciclo invierno-verano de 2016.

No. de corte	Rebrote (No.)	
	Tratado	No tratado
1	16.8	14.3
2	16.2	12.4
3	14.7	11.5
4	16.4	13.2
5	17.4	15.2
6	17.9	14.8
Promedio=	16.56 <sup>a</sup>	13.56 <sup>b</sup>
DMS =	1.364	

En lo que se refiere a la estadística descriptiva se encontró que los rangos de valores mínimos y máximos para el lote tratado de 14.7 y 17.9, mientras que para el lote testigo fueron de 11.5 y 15.2 rebrotes por metro cuadrado y una diferencia mínima significativa de 1.364, y una desviación estándar (desvest) de 1.11 y 1.44 en el lote tratado y testigo respectivamente. En la figura 17, se muestran los resultados obtenidos para esta variable (RP), en el promedio de los seis cortes, encontrando que el mayor número de rebrotes se observó durante el final de la primavera, para ir disminuyendo gradualmente a medida que las temperaturas empezaron a incrementarse.

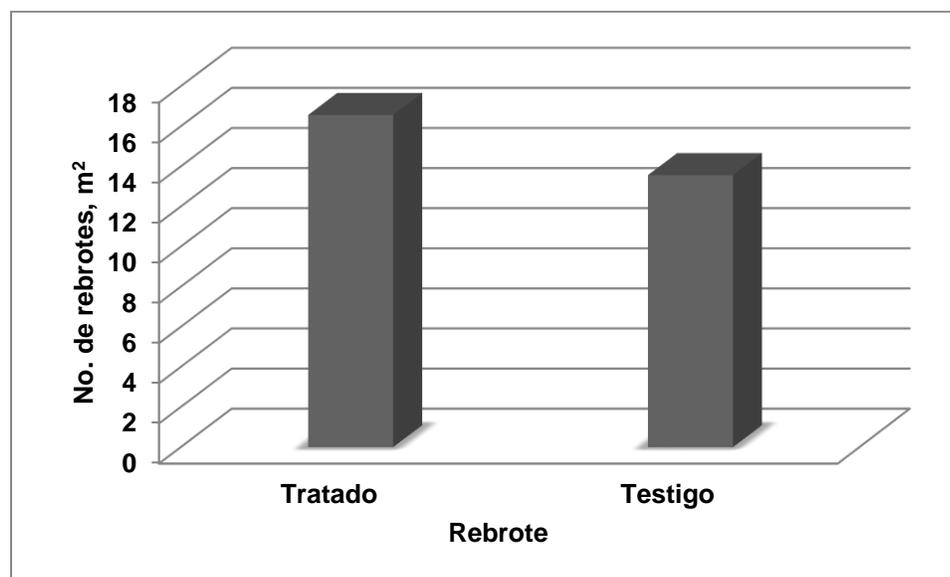


Figura 17. Rebrote de las plantas (RP) del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) tratado con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* y el testigo comercial en promedio de seis cortes en alfalfas de segundo año el ciclo invierno-verano de 2016.

De los resultados anteriores, como se puede observar en la figura 18 que el mayor número de rebrotes fue en el corte seis (junio de 2016) con 17.9 rebrotes/m<sup>2</sup> en el lote tratado y el más bajo en el corte del mes de marzo en el tercer corte, reportando 11.5 rebrotes/m<sup>2</sup> en el lote testigo, manteniéndose de manera muy similar en los cortes restantes, estas variaciones pueden deberse en parte a las altas temperaturas registradas durante la duración del experimento, porque existió una disminución de manera similar en los dos lotes en el mes de marzo, y se volvió a registrar un incremento hacia los meses de la primavera y el inicio del verano y a que existió un efecto de la aplicación del fertilizante.

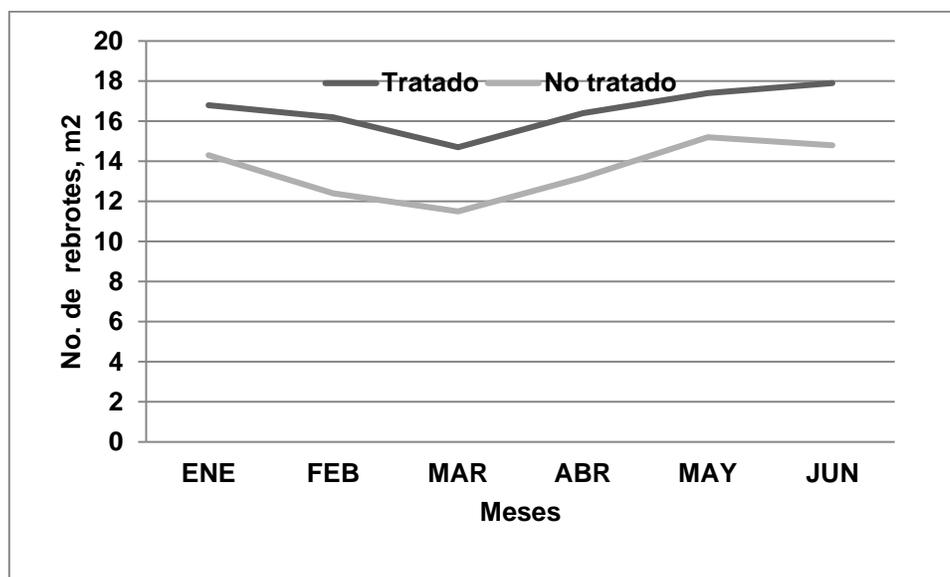


Figura 18. Evaluación del rebrote de las plantas (RP) del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) tratado con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* y el testigo comercial en seis cortes en alfalfas de segundo año el ciclo invierno- verano de 2016.

Estudios realizados por Mbarki et al., (2008), en 4 tratamientos de aplicación de composta sobre el rebrote de alfalfa documentaron, que el mejor tratamiento fue con 120 ton/ha de composta obteniendo 5.70 g/parcela seguido del tratamiento 80 ton/ha con 5.56 g/parcela, y el más bajo el lote testigo con 5.59 g/ parcela.

#### **4.2 Altura de las plantas (AP)**

Los resultados obtenidos para altura de las plantas (AP) para las seis evaluaciones en campo en la alfalfa de segundo año (Ene-Jun de 2016), se muestran en el cuadro 10, encontrando que el análisis de varianza (ANVA) reportó que existieron diferencias altamente significativas (\*\*) a una ( $P < 0.05$ ), mostrando una diferencia mínima significativa de 3.942, siendo el promedio de la altura de las plantas del lote tratado de  $54.71 \pm 4.53$  y del no tratado de  $49.20 \pm 4.67$  cm y una reportando valores mínimos y máximos en el lote tratado de 38.9 y 69.4 mientras que en el lote testigo los umbrales fueron de 33.7 y 58.8 respectivamente y una desviación estándar (desvest) de 11.10 y 11.44 en el lote tratado y testigo respectivamente.

En el cuadro 10, se encontró que la mayor altura se reporta en el corte número cuatro, en el lote tratado con 69.4 cm, mientras que el testigo reporto 58.8 cm, en el mismo número de corte, el cual se observó durante el inicio de la primavera, para ir incrementándose gradualmente a medida que las temperaturas empezaron a ser más altas, sin embargo, se puede mencionar que el corte dos fue el que mostro el más bajo valor para altura de la planta, con 38.9 y 33.7 cm en el lote tratado y testigo respectivamente ya que este es afectado grandemente por la

temperatura y la duración de las horas luz. En la figura 19, se muestran los resultados obtenidos para la variable (AP), en promedio de los seis cortes.

Cuadro 10. Altura de las plantas (AP) del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) en alfalfas de segundo año en la Comarca Lagunera tratado con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* y el testigo comercial en seis cortes el ciclo invierno-verano de 2016 en la Comarca Lagunera.

<b>Altura, cm</b>		
No. de corte	Tratado	No tratado
1	46.3	36.6
2	38.9	33.7
3	52.2	49.6
4	69.4	58.8
5	61.5	58.6
6	59.99	57.9
Promedio=	54.71a	49.2b
DMS=	3.942	

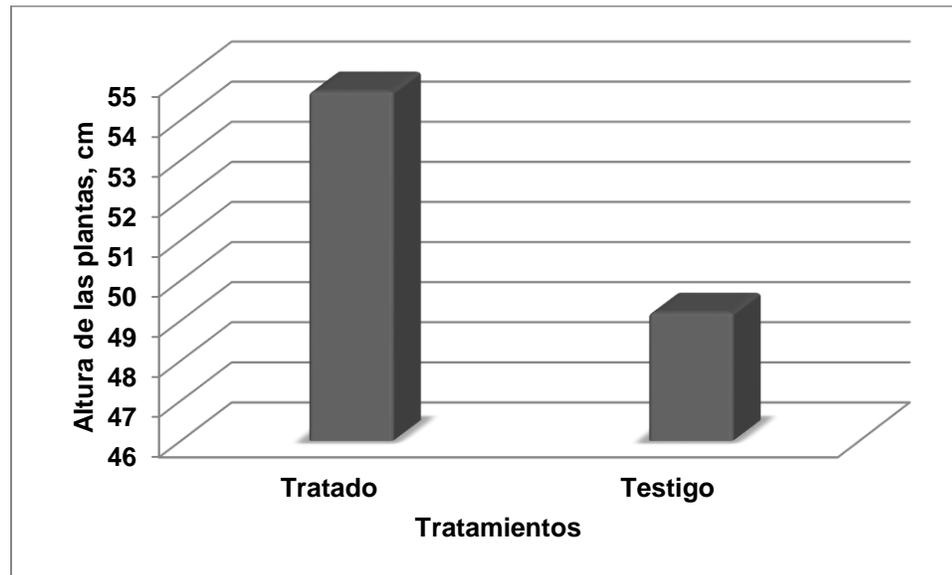


Figura 19. Promedios de la evaluación de altura de las plantas (AP) del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) tratado con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* y el testigo comercial en seis cortes en alfalfa de segundo año el ciclo invierno - verano de 2016.

En la figura 20, se muestra el comportamiento de las alturas por corte para cada uno de los tratamientos, y como se puede observar el mes que reporta la mayor altura fue el mes de abril en los dos lotes, mientras que la evaluación que reportó la más baja altura fue en el corte del mes de febrero para los dos lotes tanto el tratado como el testigo, para posteriormente mostrar un comportamiento positivo al incrementarse la altura, hasta el mes de abril y luego se reporta una ligera disminución, quizá otra vez por el efecto de las altas temperaturas.

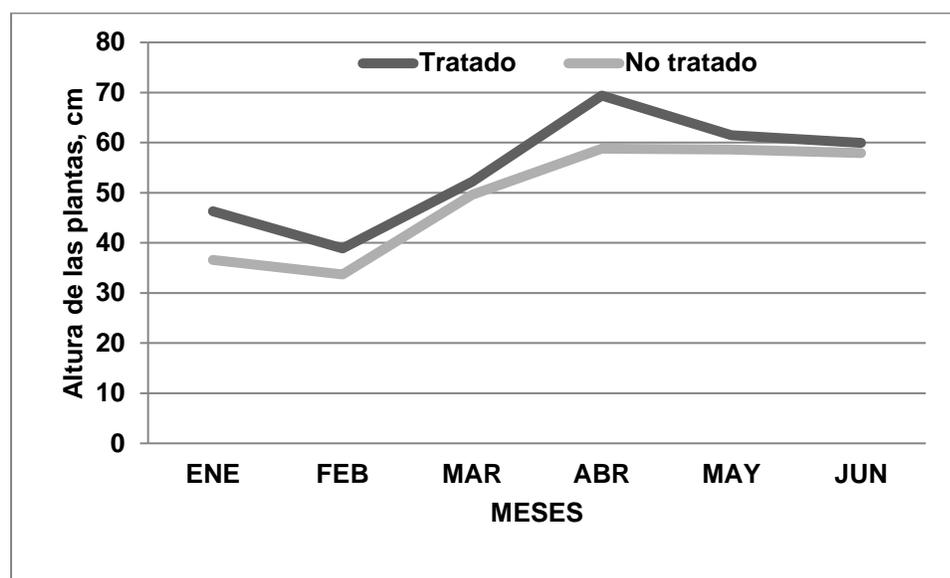


Figura 20. Resultados y tendencias de altura de las plantas (AP) de la alfalfa (*Medicago sativa*) tratado con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* y el testigo comercial en cada corte en alfalfa de segundo año el ciclo invierno - verano de 2016.

Alwaneen (2016), evaluaron el efecto de 5 tratamientos de niveles de vermicomposta de estiércol de vaca, sobre la altura de planta encontrando que el rango de altura de las plantas fue de entre 55-85 cm y en el mejor tratamiento fue el de 85 cm y el más bajo fue el tratamiento testigo con 55 cm. Esto sugiere que la altura de la planta aumentó en la proporción y cantidad de vermicomposta en los suelos, lo anterior debido al aporte de nutrientes de la composta hacia la planta para su crecimiento.

Algunos investigadores evaluaron el efecto de la lámina de agua sobre la altura, como Fimbres y Navarrete (2010), documentaron rangos muy similares en la

variable AP en alfalfa reportando desde 59.51 a 81.14 cm sin fertilización y con 200 kg de Nitrógeno ha<sup>-1</sup>. Esos mismos investigadores también soportan los datos obtenidos reportando alturas entre 37.34 y 71.27 cm con láminas de riego de 106.62 y 215.15 cm.

Investigadores como Mocolino et al, (2013), bajo diferentes niveles de fertilización con P, reportaron alturas de entre 66 a 67 cm en el primer año, en el segundo documentaron alturas de 71-72 cm y en el tercer año de 60 a 67 cm, con un promedio de los tres años de evaluación de 65-69 cm de altura.

Otro estudio realizado por Widyati et al., (2012), evaluaron el efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre la altura de la plantas de alfalfa y no reportó diferencias significativas entre tratamientos, encontrando que el tratamiento con cero N<sub>2</sub> obtuvo presentó la mayor altura promedio de 57.08 cm y el tratamiento con 60 kg/N/ha reportó una mínima de 50.25 cm, con una intensidad de corte de 5 cm, estos resultados son bastante inferiores a los resultados obtenidos en este experimento.

### **4.3 Producción del cultivo (PC)**

#### **4.3.1 Producción de Materia Verde (MV)**

Los resultados obtenidos para la producción de materia verde (MV) por hectárea para las seis evaluaciones en campo en la alfalfa de segundo año, (Enero-junio) se muestran que existió una respuesta significativa entre tratamientos por el efecto de la aplicación del producto Acadian Suelo. Los resultados se muestran en el cuadro 11, encontrando que después del análisis de varianza existieron

diferencias significativas a una ( $P < 0.04$ ), mostrando una diferencia mínima significativa (DMS) de 2,535.84 siendo el promedio de los cortes para rendimiento de materia verde del lote tratado de  $13,488.50 \pm 1,100.71$  y del no tratado de  $10,888.16 \pm 724.80$  kg/MV/ha, siendo los valores mínimos y máximos para el lote tratado de 10,680.97 y 17,781.03, mientras que el lote testigo reportó umbrales mínimos de 8,513.68 y máximos de 13,493.78 kg/MV/ha y una desviación estándar (desvest) de 2,696.20 y 1,775.39 en el lote tratado y testigo respectivamente.

Cuadro 11. Rendimiento de materia verde de forraje (Kg/ha) de alfalfa tratada con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* vs Testigo comercial en alfalfa de segundo año en el ciclo invierno-verano del año 2016.

Rendimiento de Materia Verde		
No. de corte	Tratado	No tratado
1	10,681	8,514
2	17,981	10,999
3	12,605	12,141
4	15,038	13,494
5	13,394	9,860
6	11,232	10,048
Promedio=	13,488.50 <sup>a</sup>	10,888.16 <sup>b</sup>
DMS=	2,535.84	

En la figura 21, se muestran los resultados obtenidos para esta variable, en los seis cortes, encontrando que el mayor rendimiento se reporta en el corte número dos, con 17,981 kg/MV/ha, el cual se observó durante el mes de febrero, para ir bajar y subir gradualmente a medida que las temperaturas empezaron a aumentar, siendo el corte del mes de enero el que reporta el más bajo rendimiento con 10,681 kg/MV/ha, esto según lo obtenido en el lote tratado. El valor de producción más bajo se reportó en el lote testigo en el corte del mes de enero que reportó una producción de 8,514 kg/MV/ha, seguido del corte de mayo con 9,860 kg/MV/ha.

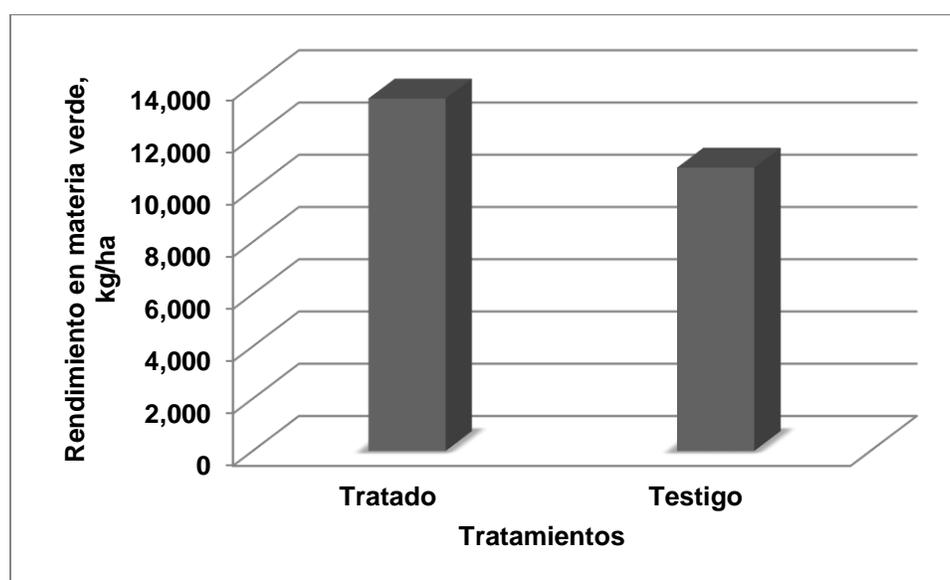


Figura 21. Promedio de la producción de materia verde (MV) (Kg/ha) del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) tratado con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* y el testigo comercial en promedio de seis cortes en alfalfas de segundo año el ciclo invierno-verano de 2016.

En la figura 22, se muestran los resultados de la producción obtenida en cada uno de los seis cortes, durante los meses del experimento de enero-junio de 2016,

en la cual se puede observar el efecto de la aplicación del producto en el lote de alfalfa tratado ya que se obtuvo un rendimiento de  $13,489 \text{ kg MV ha}^{-1}$ , mientras que en el lote testigo (no tratado) se reportó un rendimiento de materia verde de  $10,843 \text{ kg MV ha}^{-1}$  existiendo una diferencia considerable de  $2,646 \text{ kg MV ha}^{-1}$  y al realizar el reporte acumulado de los seis cortes, la producción de materia verde fue de  $80,932$  para el lote tratado y de  $65,055 \text{ kg/MV/ha}$  para el lote testigo, existiendo una diferencia de  $15,876 \text{ kg}$ , entre el lote tratado y el testigo, lo anterior por el efecto del fertilizante aplicado.

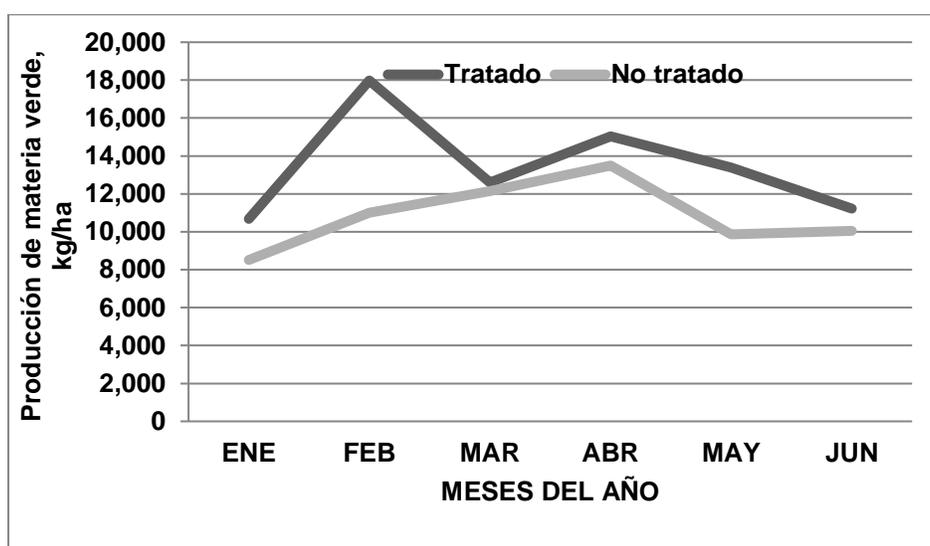


Figura 22. Producción por corte de materia verde ( $\text{kg MV ha}^{-1}$ ) del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) tratado con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* y el testigo comercial en alfalfa de segundo año el ciclo invierno-verano de 2016.

Alwaneen (2016), documentaron el rendimiento de materia verde en alfalfa con la aplicación de vermicomposta de estiércol de vaca obteniendo en su mejor

tratamiento 123 g de MV y el más bajo tratamiento con cero abono orgánico, 65 g de MV. Esto sugiere que el rendimiento de la planta verde aumentó con la proporción de vermicompost en los suelos debido a la disponibilidad de los nutrientes de la composta hacia la planta para su mayor crecimiento y por ende mayor producción.

Lo anterior concuerda por lo reportado por Fimbres y Navarrete (2010), en donde obtuvieron rangos de rendimiento entre 57.02 hasta 139.49 ton ha<sup>-1</sup> de materia verde con eficiencias de utilización del agua de 0.96 a 1.07 (kg m<sup>-3</sup>) en doce cortes de alfalfa.

Morales *et al.*, (2006) reporta un promedio anual de producción de materia verde de alfalfa para México de 52.2 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, las estadísticas nacionales sobre rendimiento de materia verde en los estados de Sonora, Durango, Coahuila y Puebla reportan un promedio de rendimiento de 75.6 ton/ha de forraje verde (SIACON, 2013).

#### **4.3.2 Producción de Materia Seca (MS)**

Los resultados obtenidos para la producción de materia seca (MS) para los seis cortes en campo en la alfalfa de segundo año, se muestran en el cuadro 12, encontrando que existieron diferencias altamente significativas\*\* a una (P < 0.01), mostrando una diferencia mínima significativa (DMS) de 354.11 siendo el promedio por corte del rendimiento de materia verde del lote tratado de 2,743.16 ± 207.25 y del no tratado de 2,236.50 ± 155.76 kg ha<sup>-1</sup>, y una desviación estándar (desvest) de 507.66 y 381.54 en el lote tratado y testigo respectivamente, los valores mínimos y

máximos reportados en la estadística descriptiva fueron 1,937.90 y 3,281.71 en el lote tratado y de 1,779.85 y 2,873.75 en el lote testigo.

Cuadro 12. Rendimiento de materia seca (Kg/ha) de forraje de alfalfa tratada con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* vs Testigo comercial en alfalfa de segundo año en la Comarca Lagunera, en el año 2016.

No. de corte	Rendimiento de Materia Seca	
	Tratado	No tratado
1	1,938	1,780
2	2,830	1,915
3	2,602	2,255
4	3,272	2,874
5	3,282	2,328
6	2,535	2,237
Promedio=	2,743.16a	2,231.50b
DMS=	354.11	

En la figura 23 se muestran los resultados obtenidos por corte para producción de MS, en los seis cortes, encontrando que el mayor rendimiento se reporta en los cortes de abril y mayo, con 3,272 y 3,282 kg MS ha<sup>-1</sup>, en el lote tratado a diferencia del testigo que reporto en abril 2,874 kg MS ha<sup>-1</sup> el cual se observó durante el inicio de la primavera, para observar un comportamiento casi similar con una ligera disminución en los últimos cortes a medida que las temperaturas empezaron a incrementarse, por otro lado, el corte del mes de enero es el que

reporta el más bajo rendimiento con 1,938 kg MS ha<sup>-1</sup> en el lote tratado con AS, mientras que en el lote testigo reportó 1,780kg MS ha<sup>-1</sup>.

Los resultados obtenidos para la producción acumulada para los seis cortes de materia seca durante el experimento, se pueden observar en la figura 20, en el cual la producción del lote tratado supero a la del lote testigo en 18.45%, debido básicamente al efecto de la aplicación del producto a base de extractos de *Ascophyllum nodosum*.

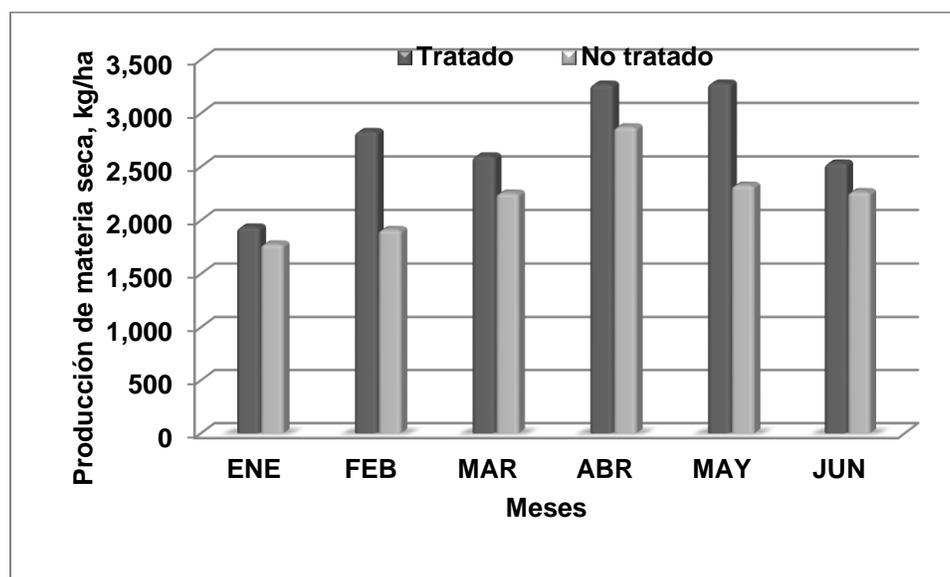


Figura 23. Rendimiento de materia seca (MS) (Kg/ha) del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) tratado con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* y el testigo comercial en seis cortes en alfalfas de segundo año el ciclo invierno-verano de 2016 en la Comarca Lagunera.

Mocolino et al, (2013), reportaron en un estudio de fertilización de estrategias en alfalfa de alto rendimiento de tres niveles de aplicación de P de 0-300 y 600

kg/ha, obteniendo un rendimiento de 15 ton/ha el primer año, de 23.9 ton/ha el segundo año y de 20.3 ton/ha el tercer año

De igual forma, otros autores como Montemayor et al., (2012) realizaron una evaluación de cultivos de alfalfa con diferentes niveles de fósforo en la Comarca Lagunera, encontrando rendimientos promedio por corte de entre 2,303 y 3,760 t ha<sup>-1</sup> de materia seca por corte, muy similares y consistentes en los rangos obtenidos en el presente estudio.

Vázquez et al. (2010), en un estudio de seis cortes con diferentes dosis de estiércol sobre el rendimiento de materia seca obtuvieron en enero rangos de entre 1,250 kg/ha en el lote testigo y de 1,800 kg/ha en el lote de 40 ton/estiércol/ha, rendimientos muy similares a los cortes realizados en este estudio para ese mes.

Esos mismos autores en los cortes de abril y junio obtuvieron promedios mayores reportando casi 4,000 kg/ha en abril y el mes de junio de 4,200 kg/ha en su mejor tratamiento de 160 kg de estiércol por ha, muy superiores a los obtenidos en el presente estudio.

En la figura 24, se reportan los acumulados del rendimiento de materia seca de los seis cortes ( $\sum n=6$ ), encontrando que el lote tratado tuvo un efecto altamente significativo sobre la producción de materia seca con 16,825 kg MS ha<sup>-1</sup>, mientras que en el lote testigo se obtuvo 13,953 kg MS ha<sup>-1</sup> teniendo una diferencia de 2,872 kg MS ha<sup>-1</sup> esas diferencias representaron un 18.45% de mayor rendimiento en el lote tratado vs el testigo, demostrando el efecto de la aplicación del producto sobre los tratamientos.

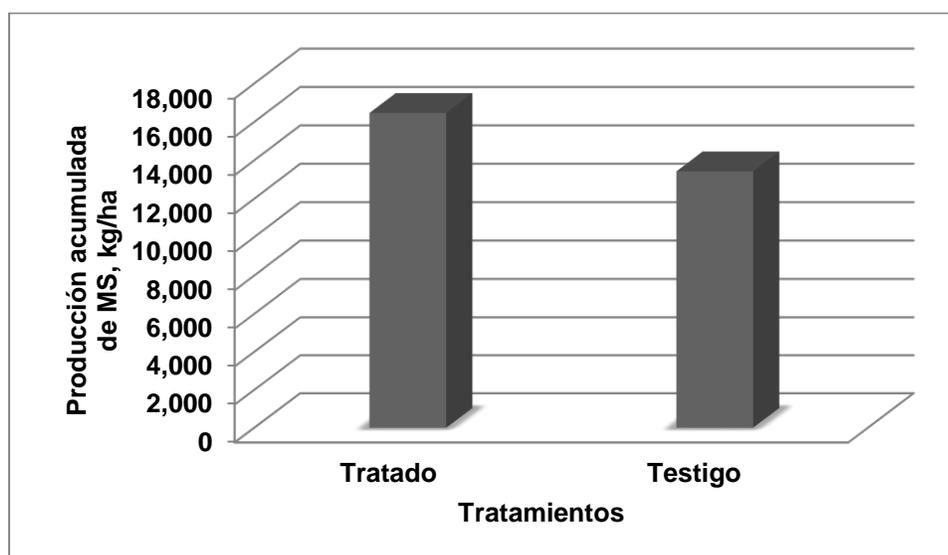


Figura 24. Producción acumulada (MS) (Kg/ha) del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) tratado con el extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* y el testigo comercial en seis cortes en alfalfas de segundo año el ciclo invierno-verano de 2016 en la Comarca Lagunera.

Widyati et al. (2012), reportaron en un estudio de niveles de fertilización e intensidades de corte en el mejor tratamiento 1,485.6 kg/MS/ha y en el tratamiento de menor respuesta 1,118.0 kg/MS/ha, datos que muestran rendimientos muy por debajo de los obtenidos en este estudio.

Lo anterior concuerda por lo reportado por Fimbres y Navarrete (2010), en donde obtuvieron rangos de rendimiento entre 10.28 hasta 23.86 ton ha<sup>-1</sup> de materia seca con eficiencias de utilización del agua de 0.96 a 1.07 (kg m<sup>-3</sup>) en doce cortes de alfalfa. Esos mismos investigadores reportan rendimientos acumulados de 18.42 y 19.78 con niveles de fertilización de N de 100 y 200 kg de N/ha. el rendimiento mostrado por los sistemas de riego en cada uno de los cortes,

Carrizal (2012), por otro lado, en un estudio para diferentes sistemas de riego en alfalfa, encontró que en el sistema de riego A<sub>1</sub> fue el mayor promedio con más de 3.64 t por ha en el primer corte y en el cuarto corte es superado por el sistema de riego A<sub>2</sub> en 20.92 % de su rendimiento y con una producción menor en 0.82 t por ha con respecto al corte uno. Carrizal (2012), documentó que el rendimiento acumulado de heno en cinco cortes de alfalfa no mostró diferencia significativa entre los sistemas de riego, presentando promedios de 13.57, 13.35 y 13.355 t por ha de heno, para los sistemas A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> y A<sub>3</sub> respectivamente, con promedio por corte de 2.708 t por ha, y un rendimiento proyectado a 10 cortes (anuales) de 27.08 t por ha, muy similar a lo obtenido en este trabajo.

## 5. CONCLUSION

En conclusión, los valores de alturas y rendimiento en materia verde como en materia seca en alfalfa de segundo año con la utilización de fertilizantes alternativos como los extractos comerciales de *Ascophyllum nodosum* fueron más sobresalientes comparados con los del lote testigo y se considera que dicha aplicación tuvo impactos significativos sobre los tratamientos. Para poder establecer un panorama concluyente se hace necesario continuar evaluando los productos, con otras variables, como el efecto en suelo y en hojas y diferentes estados fenológicos y además realizar el análisis económico.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Akanbi, W. B.** 2002. Growth, Nutrient Uptake and Yield of Maize and Okra as Influenced by Compost and Nitrogen Fertilizer under Different Cropping Systems. Ph.D. Thesis, University of Ibadan, Ibadan.
- Akindede, E.A.** and Okeleye (2005) Short and Long Term Effects of Sparingly Soluble Phosphates on Crop Production in Two Contrasting Alfisols. In: Danso, S.K.A. and Abekoa, M.K., Eds., *West African Journal of Applied Ecology*, **8**,141-149.
- Alam, M. Z., G. Braun, J. Norrie y D. M. Hodges.** 2013. "Effect of Ascophyllum extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry." *Canadian Journal of Plant Science* **93**(1): 23-36. (N°. 55)
- Alwaneen Waleed S.** 2016. Effect of Cow Manure Vermicompost on Some Growth Parameters of Alfalfa and Vinca Rosa Plants. *Asian Journal of Plant Sciences*, 15: 81-85.
- Annicchiarico, G.,** Caternolo, G., Rossi, E., & Martiniello, P. 2011. Effect of Manure vs. Fertilizer Inputs on Productivity of Forage Crop Models. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(6), 1893–1913. <http://doi.org/10.3390/ijerph8061893>
- Barbarick, K. A.** 1985. Potassium fertilization of alfalfa on a soil high in potassium. *Agron. J.* 77:442–445. doi:10.2134/agronj1985.00021962007700030020x
- Basso, B.** and Rictchie, J. T. 2005. Impact of Compost Manure and Inorganic Fertilizer on Nitrate Leaching and Yield for a 6-Year Maize-Alfalfa Rotation in Midnignan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **108**, 309-341. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2005.01.011>.
- Battacharyya, D.,** M. Z. Babgohari, P. Rathor y B. Prithiviraj. 2015. "Seaweed extracts as biostimulants in horticulture." *Scientia Horticulturae* **196**: 39-48. (N°. 26).

- Calvo, P.,** L. Nelson y J. W. Kloepper. (2014). "Agricultural uses of plant biostimulants." *Plant and Soil* 383(1-2): 3-41. (Nº. 2)
- Carrizal Arriaga, F. F.** 2012. Relación hoja tallo de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) desarrolladas con diferentes sistemas de riego por goteo. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma De San Luis Potosí. Facultad De Agronomía. Diciembre. Pp 60-65.
- Celik I., Ortas I.,** and Kilic S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil Tillage Res*, 78: 59-67.
- CONAGUA** (Comisión Nacional del Agua). 2010. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2008-2009. Edición 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (ed). México, D.F. 323 p.
- Craigie, J. S.** 2010. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Appl Phycol*. DOI 10.1007/s10811-010-9560-4 p. 1-2
- Diacono Mariangela** and Francesco Montemurro. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 30 2 (2010) 401-422. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/agro/2009040>
- Dwivedi, A. K.** 2014. Impact of continuous cropping with fertilizer and manure application on soil fertility and crop productivity. *CAFT on Management of Soil Health: Challenges and Opportunities*. Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalaya, Jabalpur - 482004 (M.P.) p 104-107.
- Fimbres F. A.** y J. R. Navarrete M. 2010. Efecto del agua y nitrógeno en alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo riego por goteo. *Biotecnia*, Vol. XII, No. 1. Enero-abril. P 36-42
- Hakl J.,** E. Kunzová, J. Konečná. 2016. Impact of long-term organic and mineral fertilization on lucerne forage yield over an 8-year period. *Plant Soil Environ*. Vol. 62, 2016, No. 1: 36–41

- Hakl J.**, Fuksa P., Konečná J., Pacek L., Tlustoš P. 2014. Effect of applied cultivation technology and environmental conditions on lucerne farm yield in the Central Europe. *Plant, Soil and Environment*, 60: 475–480.
- Hassanpanah D.** and Jafar A. 2012. Evaluation of 'Out Salt' anti-stress material effects on mini-tuber production of potato cultivars under in vivo condition. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 10(1) 256 - 259.
- Kallenbach, R. L.**, C. J. Nelson, and J. H. Coutts. 2002. Yield, quality, and persistence of grazing and hay-type alfalfa under three harvest frequencies. *Agron. J.* 94:1094–1103. doi:10.2134/agronj2002.1094
- Kertikova, D.** 2008. The newest achievements in lucerne breeding in Bulgaria. In: Proceedings 'Breeding 08', Novi Sad, Serbia. Pp. 509-512
- Khan, W.**, R. Palanisamy, A. T. Critchley, D. L. Smith, Y. Papadopoulos y B. Prithiviraj. 2013. "Ascophyllum nodosum Extract and Its Organic Fractions Stimulate Rhizobium Root Nodulation and Growth of Medicago sativa (Alfalfa)." *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 44(5): 900-908. (Nº. 31)
- Kusvuran A.**, Ralice Y., Saglamtimur T. 2014. Determining the Biomass Production Capacities of Certain Forage Grasses and Legumes and their Mixtures under Mediterranean Regional Conditions. *Acta Advances in Agricultural Sciences*, 2: 13-24.
- Luscher, A.**, I. Mueller-Harvey, J. F. Soussana, R. M. Rees and J. L. Peyraud. 2014. Potential of legume-based grassland – Livestock systems in Europe: A review. *Grass Forage Sci.* 69: 206-228.
- Macolino S.**, Lauriault L. M., Rimi F., Ziliotto U. 2013. Phosphorus and potassium fertilizer effects on alfalfa and soil in a non-limited soil. *Agronomy Journal* • Volume 105, Issue 6. pp 1613-1618.
- Manitoba Forage Council.** 2006. Fertilizing Alfalfa forage. manitoba.ca/agriculture. En Línea: [https://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/\\_production/forages/pubs/forage\\_crops\\_fertilizer.pdf](https://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/_production/forages/pubs/forage_crops_fertilizer.pdf)

- Mbarki S.**, N. Labidi, Henda Mahmoudi, Naceur Jedidi, and Chedly Abdelly. 2008. Contrasting effects of municipal compost on alfalfa growth in clay and in sandy soils: N, P, K, content and heavy metal toxicity. *Bioresource Technology*. Volume 99, Issue 15, October 2008, Pages 6745–6750.
- Mohsin A. U.**, J. Ahmad, A. U. H. Ahmad, R. M. Ikram, and K. Mubeen. 2012. Effect of nitrogen application through different combinations of urea and farm yard manure on the performance of spring maize (*Zea Mays L.*) *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(1): 2012, Page: 195-198. ISSN: 1018-7081
- Montemayor Trejo**, José Alfredo et al. 2012. Producción de alfalfa (*Medicago Sativa L.*) cultivada con riego sub-superficial y diferentes niveles de fósforo. **Rev. Mex. Cienc. Agríc**, Texcoco, Vol. 3, No. 7, p. 1321-1332, oct. 2012. Disponible en <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342012000700003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000700003&lng=es&nrm=iso)>.accedido en 04 feb. 2017
- Montemurro F.**, M. Maiorana, G. Convertini and D. Ferri. 2013. Compost Organic Amendments in Fodder Crops: Effects on Yield, Nitrogen Utilization and Soil Characteristics. *Compost Science and Utilization*. Volume 14, Issue 2. P 114-123
- Morales A. J.**, J. L. Jiménez Victoria, V. A. Velasco V., Y. Villegas A., J. R. Enríquez del Valle, A. Hernández Garay. 2006. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la Mixteca de Oaxaca. *Téc Pecu Méx* 2006;44(3):277-288
- Pachev, I.**, Kertikov, T. and N. Georgieva. 2009. Influence of the technology of pea cultivation on nodulation and content of crop residues for improvement of soil fertility. *Acta biol. Iugoslavica – Serija A: Zemljište I biljka*. 58: 139-145.
- Parvanak K.** and H. Chamheidar. 2014. Investigation of different rates of organic fertilizers on the yield of alfalfa. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* ISSN: 2231– 6345 (Online)An Open Access, Online

International Journal Available at [www.cibtech.org/sp.ed/jls/2014/03/jls.htm](http://www.cibtech.org/sp.ed/jls/2014/03/jls.htm)  
2014 Vol. 4 (S3), pp. 1522-1525/Parvanak and Chamheidar

- Pizzeghello, D.**, A. Berti, S. Nardi, and F. Morari. 2011. Phosphorous forms and P-sorption properties in three alkaline soils after long-term mineral and manure applications in north-eastern Italy. *Agric. Ecosyst. Environ.* 141:58–66. doi:10.1016/j.agee.2011.02.011
- Popescu G. C.** and M. Popescu. 2014. Effect of the brown alga *Ascophyllum nodosum* as biofertilizer on vegetative growth in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Current Trends in Natural Sciences* Vol. 3, Issue 6, pp. 61-67
- Popescu, M.** 2012. Agricultural uses of seaweeds extracts. *Current Trends in Natural Sciences* 1(1), 36-39.
- Rimi, F., S. Macolino, B. Leinauer, L.M. Lauriault, and U. Ziliotto.** 2012. Fall dormancy and harvest stage effects on alfalfa nutritive value in a subtropical climate. *Agron. J.* 104:415–422. doi:10.2134/agronj2011.0222.
- SAGARPA** (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria en la Región Lagunera. Subdelegación de ganadería. Lerdo, Durango. 285 p.
- SAGARPA. 2009.** Pro-Mercado/SAGARPA. Diseño de Estrategias de Mercado, Logísticas y de Adecuación de Productos para la Integración de la Alfalfa Mexicana en el Comercio Global de Forrajes Reporte Final. 15 de diciembre de 2009. Ciudad Delicias, Chihuahua. <http://www.tisconsulting.org/>
- Sangha, J. S., S. Kelloway, A. T. Critchley y B. Prithviraj.** 2014. "Seaweeds (Macroalgae) and Their Extracts as Contributors of Plant Productivity and Quality." **71**: 189-219. (N°. 69)
- Sharma, H.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R., Martin, T.** 2014. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *J Appl Phycol.* 26, 465–490.

- SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta).** 2013. SIAP-SAGARPA. [http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=286&Itemid=428](http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=286&Itemid=428). Consultado: Julio 2016.
- SIAP-SAGARPA.** 2014. Producción agropecuaria y pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria en la Región Lagunera. Coahuila y Durango. En línea: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>.
- SIAP-SAGARPA.** 2016. Producción agropecuaria y pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria en la Región Lagunera. Coahuila y Durango. En línea: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>
- Singh Muneshwar, R. H. Wanjare, A. Dwivedi and R. Dalal.** 2012. Yield response to applied nutrients and estimates of N<sub>2</sub> fixation in 33-years-old-soybean-wheat experiment on a vertisol. *Exp. Agric.* 48: 311-325.
- Terrazas P. J. G., R. Mendoza S., A. Durón T., y E. Echávez Valverde.** 2012. Rendimiento y valor alimenticio de variedades de alfalfa para la producción de leche en la cuenca de delicias, Chihuahua. Publicación especial No. 19. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, Forestales y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte-Centro. Campo Agrícola Experimental Delicias. Cd. Delicias, Chihuahua, México. Julio, 2012 p 13-17.
- Undersander Dan, D. Cosgrove, E. Cullen and Craig Grau.** 2011. Alfalfa Management Guide. American Society of Agronomy, Inc, Crop Science Society of America Inc, and Soil Science Society of America Inc. Madison, WI. USA.
- Vasileva V. and O. Kostov.** 2015. Effect of mineral and organic fertilization on alfalfa forage and soil fertility. *Emirates Journal of Food and Agriculture.* 2015. 27(9): 678-686. doi: 10.9755/ejfa.2015.05.288. <http://www.ejfa.me>
- Vázquez-Vázquez Cirilo, José Luis García-Hernández, Enrique Salazar-Sosa, Bernardo Murillo-Amador, Ignacio Orona-Castillo, Rafael Zúñiga-Tarango,**

Edgar Omar Rueda–Puente, y P. Preciado R. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. Revista. Mexicana de Ciencias Pecuarias. Vol.1 no.4 Mérida oct./dic. 2010

**Veronesi F.**, Brummer E. C., Huyghe C. 2010. Alfalfa. In: Handbook of plant breeding: Fodder crops and amenity grasses, 5 (Eds. B. Boller, U.K. Posselt, and F. Veronesi), 395-437. Springer, New York, USA.

**Widyati Slamet**, Sumarsono, S. Anwar and D. W. Widjajanto. 2012. Growth With of Alfalfa Mutant in Different Nitrogen Fertilizer and Defoliation Intensity. Internat. J. of Sci. and Eng., Vol. 3(2):9-11, October 2012, ISSN: 2086-5023. Pp 9-11

**Xie H.**, **Hu X.**, Zhang C. R., Chen Y. F., Huang X., Huang X. 2013. Molecular Characterization of a stress-related Gene MsTPP in relation to somatic embryogenesis of Alfalfa. *Pak. J. Bot.*, 45: 1285-1291.