

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



“Efecto del extracto comercial de *ascophyllum nodosum* (ecan) a diferencia de la química sobre la energía neta, valor relativo del forraje y litros de leche por hectárea de alfalfa (*medicago sativa*) de segundo año en la comarca lagunera”

ELABORADO POR:

OSCAR MAURICIO NÁJERA GRIJALVA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTÍCULTURA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

“Efecto del extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* (ECAN) a diferencia de la química sobre la energía neta, valor relativo del forraje y litros de leche por hectárea de alfalfa (*Medicago sativa*) de segundo año en la Comarca Lagunera”

POR

C. OSCAR MAURICIO NÁJERA GRIJALVA

TESIS

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

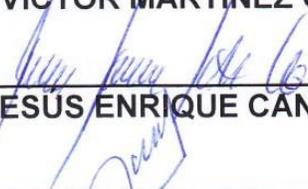
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTÍCULTURA

APROBADA POR:

PRESIDENTE:


M. E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

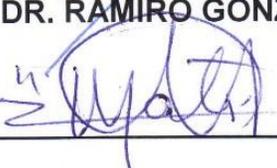
VOCAL:


DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO

VOCAL:


ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

VOCAL SUPLENTE:

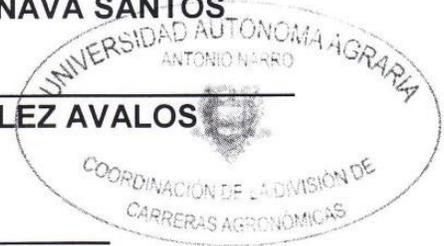

DR. RAMIRO GONZÁLEZ AVALOS

M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2017



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

“Efecto del extracto comercial de *Ascophyllum nodosum* (ECAN) a diferencia de la química sobre la energía neta, valor relativo del forraje y litros de leche por hectárea de alfalfa (*Medicago sativa*) de segundo año en la Comarca Lagunera”

POR
C. OSCAR MAURICIO NÁJERA GRIJALVA

TESIS

QUE SOMETERÁ A LA CONSIDERACIÓN DE COMITÉ DE ASESORIA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

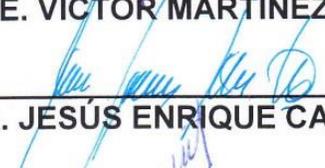
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTÍCULTURA

APROBADA POR:

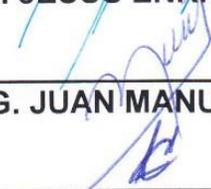
ASESOR PRINCIPAL:


M. E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

ASESOR:


DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO

ASESOR:


ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

ASESOR:


DR. RAMIRO GONZÁLEZ AVALOS

M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2017



AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Roció Grijalva y Mauricio Nájera por haberme dado la vida y apoyarme incondicionalmente para obtener un logro tan grande como es el convertirme en un profesionista.

A mis hermanos, Andrea Jazmín y Mario Alberto por ser parte de mi familia y darme su ayuda incondicional.

A mi abuelo, *José Grijalva* (QEPD) por su apoyo incondicional y por sus consejos que me ayudaron a tomar las mejores decisiones a lo largo de mi carrera.

A mi Alma Mater, por aceptarme ser parte de ella y darme una formación como profesionista.

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

A todos los maestros que siempre me ofrecieron su apoyo. Por brindarme su conocimiento, su amistad y consejos, a todos muchas gracias.

A Acadian Seaplants y al Dr. Pedro A. Cerda García, *Market Development Scientist Latin America*, por facilitar los productos utilizados en esta investigación y por los apoyos recibidos durante la realización del trabajo.

DEDICATORIAS

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mis padres, Rocio Grijalva y Mauricio Nájera, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron, también por ser mi mano derecha y que me han guiado en el complicado proceso. Padres gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se los debo a ustedes.

Mis abuelos, Rosa Domínguez, Berta Carmona, Paulino Nájera y José Grijalva (QEPD) gracias por sus consejos llenos de bondad y sabiduría, por quererme también apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.

Mis hermanos, Mario Alberto y Andrea Jazmín, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A mis amigos, Omer y Daniel en los que confiaron plenamente e mi transcurso escolar.

A mis amigos de generación, Nasla, Cecilia, David, Jesús, José Luis, Jonathan, Aníbal *quienes aprecio y quiero mucho, por su amistad apoyo y los buenos ratos que pasamos juntos*

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

RESUMEN

El presente trabajo se llevo a cabo en un lote de terreno (20 ha) localizado en las "Tablas de Frías" del Grupo Tricio Haro (GTH), en la Comarca Lagunera de enero-julio de 2016 y tuvo como objetivo evaluar el efecto de extractos comerciales de *Ascophyllum nodosum* (ECAN) sobre la ENg, VRF, CRA y Lts/leche/ton MS de la alfalfa de segundo (*Medicago sativa*) a diferencia de la fertilización del productor. Utilizando el análisis de alimentos Near Infrared Refractance Spectroscopy (NIRS) por sus siglas en inglés, se obtuvo la energía neta para ganancia de peso (ENg Mcal Kg/MS), valor relativo del forraje (VRF), calidad relativa del alimento (CRA) y Lts/leche/Ton/MS y con el Milk 2006 los Kg de leche por hectárea, la alfalfa se estableció en diciembre de 2014 siendo una alfalfa de segundo año. El diseño experimental fue en bloques al azar con dos tratamientos (T₁= Lote con aplicación del producto ECAN y T₂= Testigo regional) con 10 repeticiones por tratamiento y seis cortes (n=120).

Para todas las variables evaluadas ENg, VRF, CRA y Lts/leche/ton MS el ANOVA, mostro que no existieron diferencias significativas a (P<0.05), sin embargo, para la variable kg/leche/ha existieron tendencias marcadas entre tratamientos. Para ENgp, el lote tratado fue de 0.80 ± 0.04 Mcal kg⁻¹ y en el lote testigo obtuvo el 0.84 ± 0.077 Mcal kg⁻¹. Para VRF se obtuvo un promedio de 209.8 ± 15.41 en el lote tratado, mientras que el lote testigo reporto 210.80 ± 9.8 . El promedio del lote tratado reportó un CRA de 226.7 ± 14.92 y el lote testigo 221.0 ± 11.18 . El promedio del lote tratado para lts de leche/ton/MS reportó $1,732 \pm 70.64$ y el lote testigo 1687 ± 30.76 , para kg/leche/ha, (n=6) la cantidad obtenida para el lote tratado fue de 26,780, mientras que el testigo obtuvo 22,639 kg/leche/ha, existiendo gran potencial para la producción de leche considerándose como alfalfa de calidad excelente. La alfalfa tratada produjo un 15.46 % más leche por hectárea.

Palabras clave; ECAN, alfalfa, segundo año, VRF, CRA, lts/leche/ha

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Hipótesis	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Superficies de alfalfa en México	5
2.2 Establecimiento de alfalfa en la Comarca Lagunera	6
2.3 Valor Relativo del Forraje (VRF) vs Calidad Relativa del Alimento (CRA)	10
2.4 Energía neta para ganancia (NE _g)	16
2.5 Valor Relativo del Alimento (VRA) ó Valor Relativo del Forraje (VRF)	18
2.6 Calidad Relativa del Forraje (CRF) ó Calidad Relativa del Alimento (CRA)	20
2.7 Calidad Relativa del Alimento (CRA) vs Valor Relativo del Forraje (VRF)	21
2.8 Métodos de análisis de forrajes	27
2.8.1 Método de Reflectancia por espectroscopia del infrarrojo cercano (Near Infrared refractance spectroscopy) por sus siglas en inglés (NIRS)	28
2.9 Descripción del Milk 2006	34
2.9.1 Diagrama de flujo del modelo MILK-91	36
3. MATERIALES Y METODOS	41
3.1 Localización	41
3.2 Ubicación del experimento	42
3.3 Duración	43
3.4 Materiales	44
3.5 Métodos	45
3.5.1 Aplicación de Acadian suelo en campo	45
3.5.2 Croquis del terreno	47
3.5.3 Calendario de aplicación de ECAN y cortes	47
3.6 Tratamientos	49

3.6.1 Variables a evaluar	49
3.6.2 Cosecha de la alfalfa (CA)	49
3.7 Diseño experimental	52
3.8 Calidad nutritiva	53
4. RESULTADOS Y DISCUSION	54
4.1 Energía neta para ganancia de peso (Mcal/kg/MS)	54
4.2 Valor Relativo del Forraje (VRF)	56
4.3 Calidad Relativa del Alimento (CRA)	59
4.4 Litros de leche por tonelada de materia seca (Lts/leche/Ton/MS)	61
4.5 Litros de leche/ ha (Lt/ha)	62
5. CONCLUSION	67
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	68

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.	
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	Impacto de la calidad nutritiva de la alfalfa sobre la estimación de leche por tonelada de materia seca y los kg de leche por hectárea, en base a los valores de tres nutrientes; la PC, %, % de FDN y el VRF (Shaver, 2013).	12
Cuadro 5	Impacto de la calidad nutritiva de la alfalfa sobre la estimación de la leche por Ton de MS y por hectárea.	13
Cuadro 6	Total de materia seca y kilogramos de leche por hectárea en dos localidades Underwood y Hutchinson, Estados Unidos (Peterson, 2011).	15
Cuadro 7	Obtención de los kg/leche/ton/MS y kg/leche/ha de dos variedades de alfalfa estimados con el modelo MILK 2006 (Pickseed, 2017)	16
Cuadro 8	Efecto de los diferentes porcentajes de FDA y FDN y la relación entre FDN y FDA sobre el valor relativo del forraje en alfalfa (Stalling, 2006).	23
Cuadro 9	Resultados del concurso sobre calidad relativa del forraje de alfalfa en seis estados del sureste de los Estados Unidos en los años 2007-2010 (Hancock, 2014).	27
Cuadro 10	Calendario de cortes, riegos y aplicación del Acadian suelo del cultivo de la alfalfa de segundo año en la Comarca Lagunera en el ciclo enero-junio de 2016.	48

Cuadro 11	Obtención de la energía neta para ganancia de peso (Mcal/kg/MS) del cultivo de alfalfa tratado con Acadian suelo vs fertilización comercial en alfalfa de segundo año en el ciclo invierno-verano de 2016.	54
Cuadro 12	Resultados obtenidos para de valor relativo del forraje (VRF) del cultivo de alfalfa tratado con Acadian suelo vs fertilización comercial en alfalfa de segundo año en el ciclo invierno-verano de 2016.	57
Cuadro 13	Resultados obtenidos para de calidad relativa del alimento (CRA) del cultivo de alfalfa tratado con Acadian suelo vs fertilización comercial en alfalfa de segundo año en el ciclo invierno-verano de 2016.	60
Cuadro 14	Kilogramos de leche por hectárea en 6 cortes del cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) de segundo año tratado con Acadian suelo vs Testigo comercial en el ciclo invierno-verano en la Comarca Lagunera, en el año 2016.	64

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Figura que muestra la correlación encontrada entre el VRF y CRF en el año 2013 entre muestras de gramíneas (zacates) y de leguminosas (Alfalfa) (Undersander, sin fecha).	25
Figura 2	Relación entre la calidad relativa del forraje y los diferentes estados fisiológicos de ganado lechero	26
Figura 3	Geometría óptica para la medición de la difusión de la reflectancia, basada en utilizar cero grados de iluminación y 45° de colección con una gran área de foto celdas (Norris <i>et al.</i> , 1976).	29
Figura 4	Imágenes de dos tipos de NIRS el Vector 22/N y el NIRS MPA, de análisis de alimentos de una manera rápida, precisa, segura y no destructiva, además de no contaminante.	31
Figura 5	Diagrama de flujo utilizado en la hoja de cálculo del programa MILK 90 (Undersander <i>et al.</i> , 1993).	36
Figura 6	Milk 2006, modelo de predicción de calidad nutritiva del forraje a kilogramos de leche por tonelada de materia seca y producción de leche por hectárea en maíz forrajero y alfalfa.	38
Figura 7	Guía de introducción de valores de entrada del modelo MILK 2006, en una hoja de cálculo de Excel, desarrollado por Undersander <i>et al.</i> , 2016..	39
Figura 8	Localización de la Comarca Lagunera, conformada por los estados de Coahuila y Durango (Tomado de Comarcalagunera.com).	41
Figura 9	Localización del lote experimental de terreno de 52 hectáreas a 2.5 km de la carretera Ejido Granada a Ejido Solís, utilizado para la evaluación de Acadian Suelo en alfalfas de segundo año en el año 2016.	43
Figura 10	Panorama general del lote experimental de la alfalfa de segundo año, siendo el lote testigo a la izquierda del bordo y el lote tratado a la derecha del bordo, con el sistema de riego subterráneo abajo del bordo.	44
Figura 11	Dilución del producto Acadian suelo antes de la aplicación al momento del riego	46

Figura 12	Preparación del producto mezcla del producto en una cubeta de 20 lts para aplicación en cada tabla.	46
Figura 13	Aplicación del producto en la salida de la válvula de agua al momento del riego, para mejor distribución del mismo.	46
Figura 14	Aplicación del producto en la tabla, notando la coloración oscura en el agua de riego del producto aplicado en cada tabla	46
Figura 15	Método del cuadrante utilizado para evaluar el rendimiento de la alfalfa, con el corte a 5 cm del suelo	50
Figura 16	Obtención de las muestras de forraje de alfalfa, en bolsas de papel etiquetadas, para llevarlas al laboratorio para su secado.	50
Figura 17	Colocación de las muestras en la estufa a 72 °C durante 24 horas para el secado de las muestras.	51
Figura 18	Pesaje de la alfalfa después del secado, para obtener el porcentaje de materia seca, para posteriormente convertir a kg por hectárea.	51
Figura 19	Obtención del peso seco de las muestras, para la obtención del porcentaje de materia seca.	52
Figura 20	Pesaje de la alfalfa en el laboratorio para obtener la materia seca, para posteriormente llevar a cabo la molienda para los análisis posteriores.	52
Figura 21	Obtención de los litros de leche por ton/MS del cultivo de alfalfa tratado con Acadian suelo vs testigo en alfalfa de segundo año en el ciclo invierno-verano en la Comarca Lagunera en el año 2016.	62
Figura 22	Acumulado de kilogramos de leche por hectárea en 6 cortes del cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) de segundo año tratado con Acadian suelo vs Testigo comercial en el ciclo invierno-verano en la Comarca Lagunera, en el año 2016.	65

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la alfalfa, en la Comarca Lagunera representa en gran parte el soporte del actual sistema intensivo de producción de leche, a través del aporte de materias secas y nutrientes que en conjunto con los ensilajes de maíces y sorgos forrajeros, contribuyen de manera directa en el balanceo de las raciones de las vacas lecheras.

La alfalfa es considerada como uno de los más valiosos cultivos productores de forraje, debido a su alto potencial de producción, alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales, alto grado de digestibilidad, y debido a los efectos beneficiosos en el suelo debido a las grandes cantidades de materia orgánica en el suelo restante con alto contenido en nitrógeno.

La alfalfa es una leguminosa que dura todo el año (perenne) que ocupa el sexto lugar de valor agrícola a nivel nacional, alcanzando los 15,489 mdp en 2015 siendo este año donde tuvo el mayor valor de producción de 2010 a 2015, con una producción record de 32.57 millones de toneladas(SIAP-SAGARPA, 2016).

El establecimiento de la alfalfa se relaciona al desarrollo de la ganadería lechera intensiva, debido a su importancia como excelente productora de forraje de alta calidad y que no es por lo menos llamada “La Reyna de los Forrajes”. Además en nuestro país, es el soporte en gran medida del mantenimiento del sistema actual de producción intensiva de leche, tal y como es el caso en la Comarca Lagunera, región por demás importante, ya que actualmente se le sitúa como una de las

cuencas lecheras más importantes del país, ya que en el año 2016 se llegaron a producir 2 mil 330 millones de litros anuales (SIAP-SAGARPA, 2016).

La producción en la Comarca Lagunera de alfalfa genera una importante derrama económica y se utiliza para satisfacer la demanda de los establos lecheros locales y los demás sistemas de producción pecuaria en los Estados de Coahuila y Durango; los forrajes faltantes se comercializan para la cuenca lechera ubicada en la Región Lagunera, provenientes principalmente de otros estados como de la región de Ceballos en Chihuahua, Sonora y hasta Mexicali Baja California.

La superficie de este cultivo en la región, se ha mantenido relativamente constante a partir del año 2008 al año 2016 con una superficie aproximada entre las 39,000 a 42,000 ha (SIAP, 2016). Aunque tiene otros usos, es considerado un excelente forraje para la alimentación del ganado debido a sus valores nutricionales, 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 493,144 cabezas, aparte de los caprinos, bovinos de carne y otras especies animales domesticadas con valor económico y/o social para la población lagunera.

En la Comarca Lagunera el agua es un factor limitante para la agricultura especializada no sólo para producción de forraje o ensilaje de maíz, sino también para productores de nogal y alfalfa. Esto es más evidente en la agricultura de riego por gravedad proveniente de las presas que año tras año abastecen y dan vida a buena parte de la agricultura de la región, ya que la falta de lluvias y la constante

explotación han dado pie a una reducción considerable del volumen de agua aprovechable para la producción de forraje para heno y en especial de la alfalfa

En la Comarca Lagunera la producción de alfalfa como forraje para la creciente población de bovinos lecheros de 231,713 en 2010 a 493,144 cabezas en 2016, (SIAP-SAGARPA, 2016), toma dos vertientes, una es “calidad nutritiva” y la otra es la “cantidad de materia seca” y su relación con el consumo de agua. Por lo anterior, se hace necesario evaluar alternativas de fertilización a través de productos orgánicos más amigables con el ambiente por un lado y por el otro que impacten de manera positiva sobre la calidad nutritiva del forraje producido, razón por la cual el presente proyecto de investigación tuvo como objetivo principal el evaluar los Extractos Comerciales de *Ascophyllum nodosum* (ECAN) sobre algunas características nutritivas en alfalfa de segundo año en la Comarca Lagunera.

Objetivos

Documentar el efecto de la fertilización de ECAN a diferencia de la inorgánica en alfalfa (*Medicago sativa*) de segundo año sobre la energía neta para ganancia de peso, valor relativo del forraje y litros de leche por tonelada de forraje en la Comarca Lagunera.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de la fertilización orgánica, sobre el aporte de Energía neta para ganancia de peso (ENgp) (Mcal /kg MS) en alfalfa.
2. Determinar el efecto de la fertilización orgánica, sobre el valor relativo del forraje (VRF) en alfalfa de primer año.

4. Determinar el efecto de la fertilización orgánica, sobre litros de leche por tonelada de forraje de alfalfa de primer año.

5. Determinar el efecto de la fertilización orgánica, sobre la calidad relativa del alimento (CRA) en alfalfa de primer año.

6. Evaluar el efecto de la fertilización orgánica, sobre litros de leche por hectárea de alfalfa de primer año.

Hipótesis

La cantidad de energía neta para ganancia de peso, el valor relativo del forraje y litros de leche/ton de forraje de la alfalfa varía de acuerdo al nivel de fertilización, incrementándose con la fertilización de ECAN vs fertilización inorgánica del productor.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Superficies de alfalfa en México

Según la proporción de nutrientes en la parte aérea de la planta de alfalfa se destaca y resalta su estado de alimentación. El contenido en nutrientes y minerales de las plantas de alfalfa varía en función de la etapa de crecimiento de la cosecha. Esto pone de relieve la necesidad de aporte de nutrientes de manera diferente en la alfalfa para cada una de las etapas fenológicas (Stavarache *et al.*, 2016).

Independientemente de los muchos factores que tienen influencia sobre la calidad de la alfalfa, en el caso de la alfalfa, la parte anatómica de la planta tiene una gran influencia sobre el tiempo de la cosecha (Coblentz *et al.*, 2008; Stancheva *et al.*, 2008), en el contenido de nutrientes y minerales.

El valor como forraje de excelente calidad de la alfalfa es insustituible e indiscutible, 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 encontraban 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).

La alfalfa es el principal cultivo forrajero, pero otros cultivos proveedores de forraje como la avena, el trigo, cebada y triticale cultivados para ensilaje o heno, así como el maíz forrajero cultivado para ensilado también constituyen una parte

considerable del forraje producido en el estado y en especial en la Comarca Lagunera.

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 Establecimiento 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 493,144 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 una valor de la producción para este cultivo de 1,953,201 millones de pesos.

De acuerdo con Putnam (2015), la alfalfa tiene un amplio rango de características biológicas que la hacen preferida en terrenos de cultivo irrigados. El primero de ellos es la consistencia perenne. El hecho de que el cultivo crece durante 4-8 años, crece rápidamente con condiciones cálidas en la primavera es una de las principales ventajas de la alfalfa puede utilizar las lluvias invernales residuales antes de que la irrigación sea necesaria. A diferencia del crecimiento de verano los cultivos

anuales que necesitan ser establecidas cada año (la eficiencia del uso del agua es baja durante este tiempo). En muchas zonas, el primer corte de alfalfa del año requiere de cero riego - apoyados sólo por la lluvia y la humedad residual del suelo, esto en los Estados Unidos.

El otro punto es el rendimiento de la alfalfa. Muy altos rendimientos de Alfalfa la sitúa como un cultivo de alto rendimiento, y pueden crecer los 365 días del año en las regiones cálidas (como el Valle Imperial de California y el sur de Arizona, norte de México en la región de Delicias y en la Comarca Lagunera). Sus rendimientos de biomasa son muy altos ya que se puede obtener hasta 12 cortes por año en esas regiones, y los productores más progresistas pueden obtener más de 24 toneladas de materia seca/hectárea de los rendimientos. Al tener más alto rendimiento permite crear una mayor eficiencia del uso del agua (Putnam, 2015).

Investigadores como Radović *et al* (2009), mencionan que el papel importante de la alfalfa en el desarrollo de la ganadería, se basa en el alto potencial de producción de biomasa. Alcanzando producciones en verde (más de 80 t ha⁻¹) y el rendimiento en materia seca (aprox. 20 t ha⁻¹) con baja inversión durante todo el periodo de utilización, esto hace que la producción de alfalfa sea relativamente muy económica. La selección de diferentes materiales que se han utilizado para crear alta productividad de alfalfa como son la persistencia, que es un factor importante para lograr un rendimiento alto y estable durante todo el periodo de explotación. Por otro lado, la alfalfa es una rica fuente de proteína cruda con excelente digestibilidad. Las proteínas del follaje de la alfalfa son la fuente más barata de proteínas animales en la alimentación animal.

El contenido de proteína cruda depende fuertemente de la etapa de desarrollo del material vegetal y puede ser de entre 200 a 240 g kg⁻¹ MS, mientras que la producción de proteína cruda puede ser de más de 3,5 t ha⁻¹. Además, el forraje de la alfalfa tiene un alto contenido de macro y micro elementos, que son tan importantes para la salud de los animales. La biomasa de alfalfa puede utilizarse de varias maneras, generalmente como el heno, sino también como ensilajes de alta calidad, en forma deshidratada en forma de pelletas o por el pastoreo (Radović *et al.*, 2009).

Por otro lado, la fijación simbiótica de N₂ da a la alfalfa importancia no sólo económica, sino también de muy alta importancia ecológica. Es una razón por la alfalfa, además del importante papel de cría convencional está obteniendo gran rol en la agricultura sostenible y la producción orgánica. Todas estas características la confirman, que la alfalfa es realmente una "reina" de forrajes (Radović *et al* 2009).

2.3 Valor Relativo del Forraje (VRF) vs Calidad Relativa del Alimento (CRA)

El Valor Relativo del Forraje (VRF) es un índice de clasificación de forrajes que se basa en combinar la digestibilidad y el consumo potencial, calculado a partir de los valores de la FDA y FDN. Es un índice que representa la calidad del forraje y uno de los sistemas utilizados por laboratorios de ensayo de forraje durante muchos años. El VRF utiliza los valores de la FDN y FDA para predecir la calidad nutritiva del forraje. El contenido de FDN se correlaciona con la ingesta, y FDA está correlacionada con la digestibilidad. Los valores de VRA son relativos, un valor de 100, es un indicador de calidad, que se puede equiparar a la alfalfa en plena

floración. Por ejemplo, cuando la alfalfa está en pre-botón, tendría mayor valor nutritivo con una VRA mayor que 100. Los valores inferiores a 100 indican maduración en la alfalfa después de la floración o indican una alfalfa madura (Ward, 2008). Algunos productores que producen o compran alfalfa utilizan el valor del VRA para evaluar o comparar la calidad de la alfalfa al comprar o vender el heno. Lo anterior proporciona al productor o comprador con una manera sencilla de comparar el potencial de rendimiento de un forraje determinado en comparación con otros forrajes disponibles (Undersander, *et al.*, 2011).

Por otro lado, la Calidad Relativa del Alimento (CRA), es otro índice utilizado para clasificar los forrajes por el consumo potencial y la digestibilidad de la materia seca (Undersander, 2003), donde un valor de 150 es considerado, como un alimento de calidad en vacas lecheras, e índices más bajos son necesarios para otras categorías de animales y según Undersander *et al.*, (2011) se le considera un mejor predictor del desempeño productivo del animal que el VRF.

Estudios realizados por Shaver (2013), reportó la estimación de la calidad nutritiva de la alfalfa y la cantidad estimada de leche por tonelada de materia seca y los kg de leche por hectárea, (Cuadro 4), en base a los valores de tres nutrientes; la PC, %, % de FDN y el VRF.

Cuadro 4. Impacto de la calidad nutritiva de la alfalfa sobre la estimación de leche por tonelada de materia seca y los kg de leche por hectárea, en base a los valores de tres nutrientes; la PC, %, % de FDN y el VRF (Shaver, 2013).

Alfalfa (PC %, FDN % y VRF)	Kg de leche por tonelada de materia seca	kg de leche por hectárea
(22, 40, 175)	1,249.64	13,896.31
(19, 45, 150)	1,156.20	13,569.02
(16, 50, 125)	1,062.31	13,125.16

¹ Cálculos utilizando el Milk2000 (http://www.uwex.edu/ces/forage/pubs/milk_2000.xls).

La disminución de la producción de leche se relaciona con una disminución de la calidad nutritiva de la alfalfa (aumento del contenido de FDA y FDN) el cual está bien establecida (Nelson y Satter, 1990). La hoja de cálculo de MILK-2000 se utilizó para evaluar el impacto de la calidad nutritiva de la alfalfa sobre la leche estimada por tonelada de MS y por hectárea.

Shaver, (2013), en un estudio donde evaluó varios escenarios con el MILK-2000, documentó que en el primer escenario, el contenido de FDN de alfalfa se varió de 40% a 50% manteniendo constante DFDN al 50% de FDN. Los resultados obtenidos por el MILK-2000 sobre la estimación de la leche por tonelada y de leche por hectárea se presentan en el cuadro 4. La utilidad de la leche estimada por tonelada de alfalfa con un valor de (VRF) de 175 y con (40% FDN) en comparación con una alfalfa con un VRF de 125 y con (50% FDN) equivale a unos \$10,000 anuales por 100 vacas. Debido a la reducida producción de la alfalfa inmadura, la utilidad estimada leche por hectárea para la alfalfa con un VRF de 125 en comparación o sobre una alfalfa de VRF de 175 equivale a unos \$3.000 anuales por 100 vacas (Shaver, 2013).

En el cuadro 5 se muestran los escenarios, de acuerdo a lo estimado por Shaver (2013), para el segundo escenario, el contenido de FDN de alfalfa fue fijado en 40% o 50% mientras que la DFDN es variada desde 40% al 60% de FDN dentro de cada concentración de FDN. La utilidad de la leche por tonelada. A medida que la DFDN disminuyó de 60% a 40% de FDN, la leche por tonelada (\$) por tonelada disminuyó 671 lb y \$80, respectivamente.

Cuadro 5. Impacto de la calidad nutritiva de la alfalfa sobre la estimación de la leche por Ton de MS y por hectárea.

PC %, FDN %	DFDN % de FDN	Leche/ton MS
(22, 40)	60	1386.63
(22, 40)	50	1249.64
(22, 40)	40	1106.76
(16, 50)	60	1223.33
(16, 50)	50	1062.31
(16, 50)	40	894.93

1 Cálculos utilizando el Milk2000 (<http://www.uwex.edu/ces/forage/pubs/milk2000.xls>).

Esta disminución fue mayor que el observado con el aumento del contenido de FDN del 40% al 50%, donde la leche por tonelada y precio por tonelada disminuyó 413 lb y 50 dólares, respectivamente. El ensilaje de heno o heno cultivos con bajo contenido de FDN (40%) y baja digestibilidad de la FDN (40%) muestran

una menor leche predicha (lb o \$) por tonelada que FDN alta (50%), y alta DFDN (60% de FDN). La digestibilidad de la FDN es un parámetro de calidad importante que ha sido ignorado en los últimos esquemas de evaluación de forrajes (Shaver, 2013).

Las estimaciones del VRF utilizan para la evaluación y mercadeo de forrajes y henos se basan en las concentraciones de FDN y FDA y no han considerado las diferencias en la digestibilidad de la FDN. De acuerdo con Shaver *et al.*, (2002) dichos investigadores propusieron incorporar mediciones de digestibilidad del FDN en los cálculos de VRF, donde se le estima EN Lactancia y la ingesta de forraje (MS) de una manera similar a la descrita para la estimación de kilogramos de leche por tonelada de MS.

Peterson (2011), reportó en dos localidades de los estados Unidos la cantidad de Ton de materia seca, kg de leche por hectárea tal y como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Total de materia seca y kilogramos de leche por hectárea en dos localidades Underwood y Hutchinson, Estados Unidos (Peterson, 2011).

Tipo	de	Underwood	Hutchinson
forraje			

	Ton/MS	Kg leche/ha	Ton/MS	Kg leche/ha
Alfalfa sola	6.19	16,721.97	4.60	13,528.67
Alfalfa con orchardgrass	6.20	19,301.05	5.45	17,462.86
Alfalfa con Alta festuca	6.43	19,637.31	5.09	13,808.88
Alfalfa con Ryegrass	5.93	16,185.09	4.66	13,125.16

Pickseed (2017), en evaluación de dos variedades de alfalfa reportaron en 9 cortes y tres años de evaluación en la variedad Misson HVXRR 1,277.0 kg/leche/Ton/MS y la variedad Pionner con una producción de 1,128.2 kg/leche/ton/MS.

Pickseed (2017), en evaluación de dos variedades de alfalfa reportaron en 9 cortes y tres años de evaluación en la variedad Misson HVXRR 24,770 kg/leche/ha y la variedad Pionner 22,182 kg/leche/ha, tal y como se puede observar en el cuadro 7.

Cuadro 7. Obtención de los kg/leche/ton/MS y kg/leche/ha de dos variedades de alfalfa estimados con el modelo MILK 2006 (Pickseed, 2017).

Años de cosecha	No de cortes	Años de evaluación	Leche/Ton/MS	Leche/ha

Misson	2014-2016	9	3	1,277.0	24,770.8
HVXRR					
Pionner	2014-2016	9	3	1,128.2	22,182.8

2.4 Energía neta para ganancia (NE_g)

El sistema de energía neta usado por el NRC para el ganado de carne asigna valores de energía para cada alimento y de forma similar subdivide los requerimientos energéticos de los animales. La energía del alimento es utilizada con menor eficiencia para depositar nuevo tejido corporal que para mantener el tejido corporal existente. La NE_m es el valor de energía neta del alimento para mantenimiento. La NE_g es el valor de energía neta de los alimentos para la deposición de tejido corporal, crecimiento o ganancia de peso. Tanto la NE_m como la NE_g son necesarias para expresar los requerimientos energéticos totales del ganado en crecimiento. Por lo general se las expresa como mega calorías por libra (Mcal/lb) en los informes de laboratorio de SDSU, pero también pueden expresarse como mega calorías por kilogramo (Mcal/kg) (García *et al.*, 2005).

El desempeño animal (ya sea definido como la producción de carne, leche, fibra o trabajo, o simplemente el mantenimiento del peso corporal y condición) es impulsado por el número de calorías que consume el animal. Aunque la proteína, los minerales, vitaminas y agua también deben cumplir o exceder los requerimientos para un nivel deseado de rendimiento, siendo el factor más limitante es la cantidad de energía digestible que el animal consume (Undersander *et al.*, 2011).

Como resultado, un forraje de alta calidad puede definirse como aquel que contiene grandes concentraciones de energía digestible y es capaz de ser consumido en grandes cantidades. Los científicos han desarrollado varios diferentes medidas de calidad del forraje. Sin embargo, la mayoría de las medidas de la calidad del forraje no permiten fácilmente una comparación de forraje entre los diferentes tipos de forrajes o especies. Para simplificar la evaluación de la calidad del forraje, los doctores John E. Moore (Universidad de Florida) y Dan Undersander (Universidad de Wisconsin) desarrollaron el cálculo de la calidad relativa de forraje (CRF). Hay dos factores usados en la medición de la solicitud de cotización (ecuación 1). Estos incluyen: 1) el Total Digestible nutrientes (TDN), que es una medida de energía digestible y 2) una predicción calculada de la ingesta de materia seca (DMI) (Undersander *et al.*, 2011).

Como consecuencia de lo robusto de la medición del CRF, los investigadores han sido capaces de vincular los rangos de CRF que son más deseables y más probables a las necesidades de diferentes clases de animales. Estos rangos pueden encontrarse en la figura uno y permitirían al manejador de ganado que tiene datos relacionados con el CRF de un lote particular de forraje para determinar rápidamente si es apropiado a las necesidades y requerimientos de la clase animal están siendo alimentados (Undersander *et al.*, 2011).

2.5 Valor Relativo del Alimento (VRA) ó Valor Relativo del Forraje (VRF)

El valor relativo del alimento es un índice que combina factores nutricionales de la fibra detergente ácido (Digestibilidad de la materia seca y la fibra detergente neutro (Consumo de materia seca) para generar un número para medir y comparar

la calidad del forraje. Ha sido utilizado para clasificar forrajes con variación en la digestibilidad y el consumo por diferentes clases de ganado. Además, es actualmente usado extensivamente para la determinación del mercadeo y precio de los henos forrajeros. Desafortunadamente, este índice (VRF) está llegando a ser desplazado por un nuevo índice la Calidad relativa del forraje (CRF), el cual está reemplazando al VRF y se calcula por medio de: $VRF: RFV = Dig MS * CMS / 1.29$. (Undersander, sin fecha).

La Calidad Relativa del Forraje (CRF) es una mejor estimación de los índices y de la calidad del forraje que el VRF, y predice mejor cómo, un animal se va a desempeñar con un determinado forraje. Se calcula a partir del TDN y el consumo basado en estimaciones in vitro de la fibra digestible en lugar de FDA, que utiliza en VRF (Marsalis *et al.*, 2010). Para mayor comodidad, el valor del índice se han mantenido en rangos similares a los de la VRF. Se considera un método más equitativo y preciso de fijar precios del heno para ambos, el comprador y el vendedor (Marsalis *et al.*, 2010). Cuando ambos valores son aproximados en los dos índices, se debería utilizar el CRF. Sabiendo la CRF permite ayudar a explicar las diferencias inesperadas de la respuesta de la producción de leche en vacas en pruebas aparentemente similares sobre la base de la misma calidad de heno (basado en el VRF).

La siguiente fórmula se utiliza para calcular: $CRF = (CMS, \% \text{ del peso vivo corporal}) * (TDN, \% \text{ de MS}) / 1.23$ (Hancock, 2012a; Undersander, sin fecha).

Hoy los nutricionistas están estudiando el Relative Forage Quality (RFQ) por sus siglas en inglés y que se traduce como el índice de (Calidad Relativa del Forraje)

para reemplazar a VRF. La CRF ha mejorado la habilidad de evaluar el índice de digestibilidad y de la resultante producción de leche. El valor del índice CRF para forraje de alta calidad, será de 150 o mayor. La CRF usa FDN Digestible de acuerdo al CMS (Hancock, 2012b). La CRF mide el total de energía consumida por el animal, no solo la fibra, sino también los Carbohidratos No-fibrosos (CNF), la PC, FDA, FDN, y FDN Digestible.

Lo anterior algunas veces podrá resultar muy complicado como para decir y asegurar que hoy se cuenta con mejores índices para predecir cuanta energía y proteína puede un animal ingerir hasta su satisfacción de un forraje o ración en particular. La Energía Neta (EN) disponible para producción (leche o carne) después que el animal cubre sus requerimientos para digestión, metabolismo y pérdida de calor corporal todos estos valores se explican en la NebGuide” analizando diferentes tipos de alimentos para ganado (Hancock, 2012b).

Calsamiglia (1997) menciona que la calidad de los forrajes es la pieza fundamental de la formulación de raciones en hatos lecheros de alta producción. Y a pesar de ello, la atención prestada a este aspecto es muy limitada y ciertamente poco valorada por muchos nutricionistas.

Según lo explicado anteriormente, los forrajes constituyen el factor limitante de la producción animal en cuanto que aportan la mayor parte de la FDN (que limita la ingestión) y FDA (que determina el valor energético de la ración). Con frecuencia se ha considerado a la proteína de las leguminosas como criterio de valoración de su calidad. Sin embargo, un déficit de proteína debido a una alfalfa con poca calidad tiene una solución relativamente fácil: utilizar más suplementos proteicos (soya). Sin

embargo, cuando la ingestión o la digestibilidad de la ración se ve comprometida como consecuencia de la calidad del forraje, no hay solución.

El Valor Relativo de los Forrajes (VRF) combina los factores nutricionales más importantes (el potencial de ingestión y su digestibilidad). El potencial de ingestión viene determinado por el contenido de FND según la siguiente fórmula:

$$CMS (\% PV) = 120/FDN (\%MS)$$

La digestibilidad de la MS se calcula en función del contenido en FDA:

2.6 Calidad Relativa del Forraje (CRF) ó Calidad Relativa del Alimento (CRA)

De acuerdo con García *et al.*, (2005), en el VRA (Valor Relativo del Alimento), la digestibilidad de la materia seca (DMS) es estimada a partir del FDA, lo cual no toma en cuenta las diferencias en la digestibilidad de la fibra. En el CRA, la DFDN es usada para calcular TDN1 X (TDN a un múltiplo de mantenimiento) en lugar de la DMS, reflejando de esta forma las diferencias en la digestibilidad de la fibra de los diferentes henos (García *et al.*, 2005).

CRA = (dCMS como % del peso corporal) x (dTDN X como porcentaje % de la materia seca)/1.23 (Undersander, sin fecha)

El divisor 1.23 ajusta la ecuación para que tenga una media y un rango similares a la CRA (García *et al.*, 2005).

El CRF refleja diferencias en condiciones de crecimiento debido a las variaciones de temperatura ambiental, lo cual impacta de modo directo la dFDN. Las gramíneas tienen un alto contenido en FDN, pero esa fibra es típicamente de alta digestibilidad. Por lo tanto las gramíneas tenderían a ser evaluadas con más

precisión con el VRF que con el CRA. El CRA funciona bien en leguminosas y en gramíneas de estación cálida y fría (García *et al.*, 2005).

En resumen: La fibra es más digestible cuando crece bajo un clima más frío. Por lo tanto: El primer corte va a tender a tener mayor fibra digestible que los cortes posteriores que crecen bajo temperaturas más altas. La misma cosecha cultivada en el medio oeste va a tender a tener mayor fibra digestible que cuando crece en los estados del sur. La alfalfa que crece en los valles de montaña en el Oeste tendrá una mayor fibra digestible que aquella que crece en los valles más bajos. Las hojas tienen bajo contenido en fibra y es de mayor digestibilidad. Por lo tanto las pérdidas a la cosecha van a resultar en mayores pérdidas de CRF que de VRA y por último, en la CRF se reduce por el daño térmico pero el VRA no.

En muchas circunstancias el CRA y el VRF promedian aproximadamente lo mismo así que el CRF puede ser sustituido por el VRA para adjudicar un precio, contrato y para otros usos. Sin embargo, algunas muestras individuales pueden variar en forma significativa y, cuando esto ocurre, los productores deberían usar el CRF porque las variables usadas para calcularlo dan una mejor estimación del desempeño animal ya que toman en cuenta diferencias en la digestibilidad de la fibra.

2.7 Calidad Relativa del Alimento (CRA) vs Valor Relativo del Forraje (VRF)

La Calidad Relativa del Alimento (CRA) y el valor relativo del forraje (VRF) son los métodos utilizados para evaluar Henos. Para calcular la VRF es necesario contar con un análisis del forraje para la fibra detergente ácido (FDA) y fibra

detergente neutro (FDN). La proteína no está considerada, pero a valores mayores de VRF generalmente están asociados con los valores más altos de proteína.

El análisis de la FDA es utilizado para predecir la digestibilidad de la materia seca a partir de la siguiente fórmula:

$$dMS = (88.9 - (0.779 * \% FDA))$$

y por otro lado, el valor de la FDN predice el consumo de la materia seca (CMS) = (120/ % FDN).

El VRF se calcula multiplicando la materia seca digestible por el consumo de materia seca y luego dividiendo por 1.29 (el consumo de materia seca digestible esperada como porcentaje del peso corporal para el estado fenológico de plena floración de heno de alfalfa) (Stalling, 2006). El VRF para plena floración en la alfalfa podría ser de 100. Para un heno de alfalfa con FDA de 29% y 36% de FDN el valor de la VRF = $(66.3 * 3.3)/1.29 = 170$.

En gramíneas se tienen mayores concentraciones de FDA y FDN y, en consecuencia, tienen menor VRF. Por ejemplo, una especie o mezclas de zacates o heno de las leguminosas con un FDA de 32% y 50% de FDN tendría un VRF = $(64 * 2.4)/1.29 = 119$. Un punto muy importante es que se tiene que tomar en cuenta que los zacates y ensilado de maíz tienen una mayor relación de FDN:FDA en relación con las de leguminosas como la alfalfa (Stalling, 2006).

De acuerdo con Stalling, (2006), en el siguiente cuadro se puede observar el VRF con diferentes porcentajes de FDA y FDN y la relación entre FDN y FDA.

Cuadro 8. Efecto de los diferentes porcentajes de FDA y FDN y la relación entre FDN y FDA sobre el valor relativo del forraje en alfalfa (Stalling, 2006).

Tipo de forraje	% de FDA	% de FDN	Relación FDN:FDA	Valor Relativo del Forraje
Alfalfa madura	40	51	1.28	105
Alfalfa tierna	29	36	1.24	170
Zacates	32	50	1.56	119

La CRF es un índice similar al VRF excepto que la CRF utiliza en sus cálculos la digestibilidad de la FDN. La digestibilidad de FDN permite una estimación más precisa de la energía en la alimentación y muchos laboratorios están ofreciendo el valor de la digestibilidad de FDN *in vitro* para calcular cuánto es la digestibilidad de la fibra. Las gramíneas típicamente tienen mayor cantidad de fibra digestible que las leguminosas debido a que las leguminosas porque contienen más lignina asociada a la fibra. Las leguminosas compensan esto al tener más contenidos celulares (materiales no fibrosos de FDN) que son altamente digestibles elevando así las concentraciones de energía a niveles superiores que en las gramíneas o zacates. Cuando se utilizan tanto el VRF como la CRF lo mejor es comparar heno que están dentro de una clasificación similar, tales como alfalfa, zacates o mezclas. La CRF da un mayor crédito para la fibra digestible en gramíneas las cuales suelen tener mayor valor de CRF que de VRF pero dicho valor seguirá siendo menor de muchas leguminosas. El tipo, la calidad y el precio del forraje debe ser tomado en cuenta al momento de comprar heno (Stalling, 2006).

Tanto el VRF como CRF fueron diseñados para tener una media similar y la pendiente de respuesta, de modo que los dos números pueden ser intercambiados como se ha considerado en el valor económico. Se ha visto en varios conjuntos de

datos que las medias son similares, pero los valores individuales se desvían entre el 20 al 40% de las veces. Cuando las cifras difieren, la digestibilidad de la fibra es distinta de la media y se cree que la CRF es un mejor estimador del valor del desempeño del animal.

Los dos índices difieren en:

1. Para las muestras de gramíneas. El VRF se basa en alfalfa y es discriminado en las muestras con alta FDN. Hemos aprendido que, mientras que los zacates tienen mayor FDN, es más fácil de digerir y por lo tanto mejores estimaciones del valor VRF de muestras de gramíneas.

2. Siempre que la digestibilidad de las leguminosas no sea "el promedio". Debido a que el VRF se basa en la estimación de la digestibilidad de la materia seca de la FDA, la digestibilidad de la fibra de las muestras se apartara de esa predicción por lo cual están siendo mal estimados. Esto incluye muestras de especies cultivadas en clima frío (digestibilidad superior a la media) o muestras que se estresaron por daños por calor o por alta cantidad de ceniza. En la figura 1, se muestra la correlación encontrada entre el VRF y CRF en el año 2013 entre muestras de gramíneas (zacates) y de leguminosas (Alfalfa)

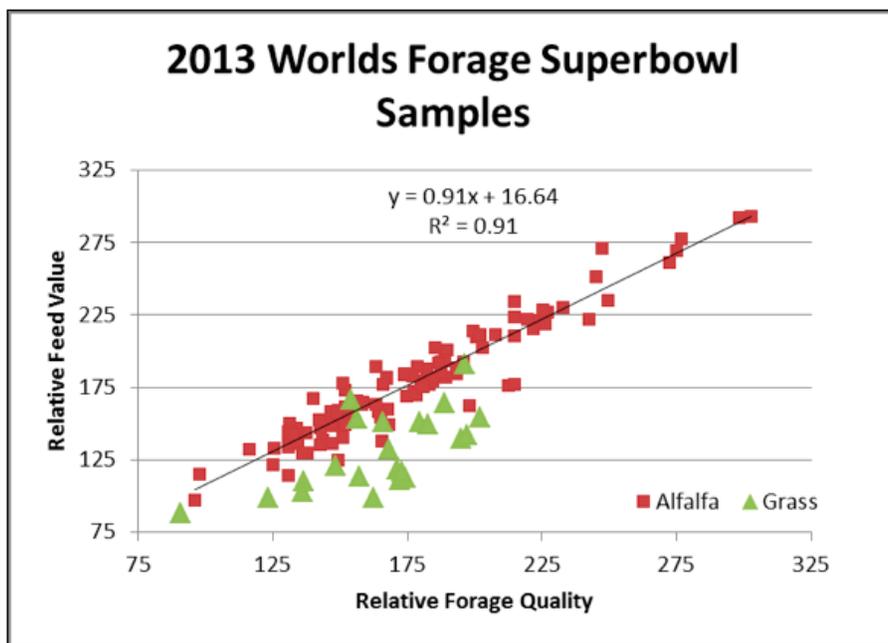


Figura 1. Figura que muestra la correlación encontrada entre el VRF y CRF en el año 2013 entre muestras de gramíneas (zacates) y de leguminosas (Alfalfa) (Undersander, sin fecha).

En las muestras de forrajes a nivel mundial se observa que la CRF y VRF se correlacionan grandemente para alfalfa y se comportan de manera muy similar (179 vs 177), sin embargo, el rango de valores de la CRF en comparación con cualquier punto del VRF es mayor (Rangos de CRF varían desde 140 a 213 y para VRF solo 175) (Undersander, sin fecha; Jeranyama and Alvaro, 2004). Además se puede observar bien que la tendencia en las gramíneas o zacates tienden a tener valores más altos de CRF que de VRF. La diferencia de la media en este set de valores fue de 34 puntos, siendo la CRF más útil para:

- 1.- Que tan bien esta la persona haciendo la producción de heno o ensilaje. Están las personas optimizando la calidad de forraje para cada categoría de animales (ejemplo un valor de 150 para vacas altas productoras, valores de

menor a 150 para vaquillas en crecimiento y menores a 100 para otro tipo de animales como el bovino de carne).

- 2.- La asignación del alimento para los animales. Proporcionar el mejor forraje a los animales que aporten un mayor beneficio y
- 3.- El mercadeo. La compra y venta de forraje vendido a un precio de \$1.25 hasta \$1.50 por punto arriba del valor CRF, sobre el precio base de un heno de CRF de valor de 100.

Núñez *et al.*, (2014), relacionaron la aplicación del índice de calidad relativa de forraje, en relación a los requerimientos nutricionales de las diferentes clases de ganado, por ejemplo, vacas altas productoras necesitan forrajes con valores mayores de entre 140-160 tal y como se muestra en la figura 2.

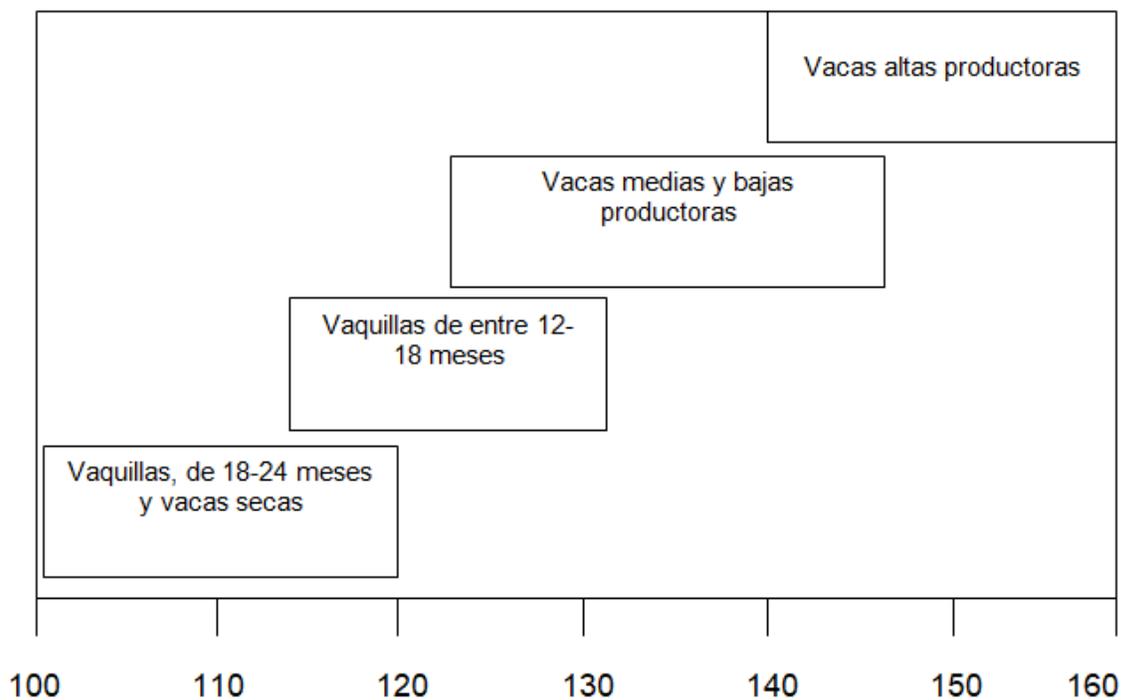


Figura 2. Relación entre la calidad relativa del forraje y los diferentes estados fisiológicos de ganado lechero.

Las vacas de producción media y baja, así como las becerras de menos de 6 meses requerían de forrajes con valores de entre 125-150, mientras que las vaquillas menores a un año necesitaban forrajes con valores de calidad relativa del forraje mayor a los 100-120.

Los resultados del concurso sobre calidad relativa del forraje de alfalfa en seis estados del sureste de los Estados Unidos llevado a cabo en los años 2007-2010 por Hancock et al, (2014), se muestran en el cuadro 9, en el cual se puede observar que los mejores años en cuanto a calidad del forrajes fueron los años 2008 y 2009 con valores de VRF de 225 y 264 respectivamente.

Cuadro 9. Resultados del concurso sobre calidad relativa del forraje de alfalfa en seis estados del sureste de los Estados Unidos en los años 2007-2010 (Hancock et al, 2014).

Categoría de forraje	de	2007	2008	2009	2010
		Años			
		Valor relativo del forraje			
Alfalfa	y	237	225	264	204
perennes					

2.8 Métodos de análisis de forrajes

El infrarrojo cercano contiene la información de los mayores enlaces químicos X-H que constituyen los productos agrícolas. El espectro por definición es dependiente de todos los grupos funcionales que absorben radiación infrarroja, los cuales están correlacionados con los componentes químicos, físicos y sensoriales de una sustancia (Shenk *et al*, 1992).

En contraste, los actuales procedimientos de laboratorio que son utilizados para calibrar los instrumentos, no son químicamente bien definidos y a veces son difíciles de relacionar con la información espectroscópica. Los métodos químicos tradicionales en el área de la agricultura fueron desarrollados en general para un solo propósito, para estimar la composición química y valor nutritivo de los alimentos para los animales (Cozzolino *et al.*, 2000).

2.8.1 Método de Reflectancia por espectroscopia del infrarrojo cercano (Near Infrared reflectance spectroscopy) por sus siglas en inglés (NIRS)

Los métodos convencionales utilizados para medir la calidad de forraje como los componentes de PC, FC, FDA y FDN han sido los métodos de química húmeda o verde. El porcentaje de PC puede ser determinado por la combustión de N y la técnica del micro-Kjeldahl, mientras que de FDN y FDA están determinados por refluxing con las soluciones requeridas y amilasa la modificación del procedimiento de análisis secuencial (Açıkgöz *et al.*, 2013). Sin embargo, estos métodos de laboratorio normalmente son con mano de obra intensiva, costosa e ineficiente (Asekova *et al.*, 2016).

El Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS por sus siglas en inglés) Las pruebas químicas o análisis directos son usualmente precisos, pero tienen la desventaja de ser un poco lentos y deben realizarse bajo condiciones de laboratorio estándar. Durante las últimas décadas, la espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) ha mejorado y ha llegado a ser más popular. Los valores obtenidos por del NIRS están altamente correlacionados para predecir los procedimientos químicos (análisis de forrajes) para la mayoría de los forrajes, siempre y cuando este correctamente calibrado. Las unidades del NIRS son

relativamente portátiles, rápidas, precisas y exactas cuando el aparato está correctamente calibrado (Rocateli y Zhang, 2017).

La espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) ha sido aplicada durante décadas para el análisis de los productos agroalimentarios, y en los últimos años su uso se ha extendido para la determinación de especies minerales y oligoelementos en matrices orgánicas e inorgánicas. El espectro de la región del infrarrojo cercano (NIR) contiene información física y química del producto que está siendo analizado (Blanco y Villarroya, 2002). La información espectral, tiene su origen en los distintos modos de vibración de las moléculas causado por su interacción con la radiación electromagnética absorbida a longitudes de onda entre 750 y 2500 nm (Figura 3).

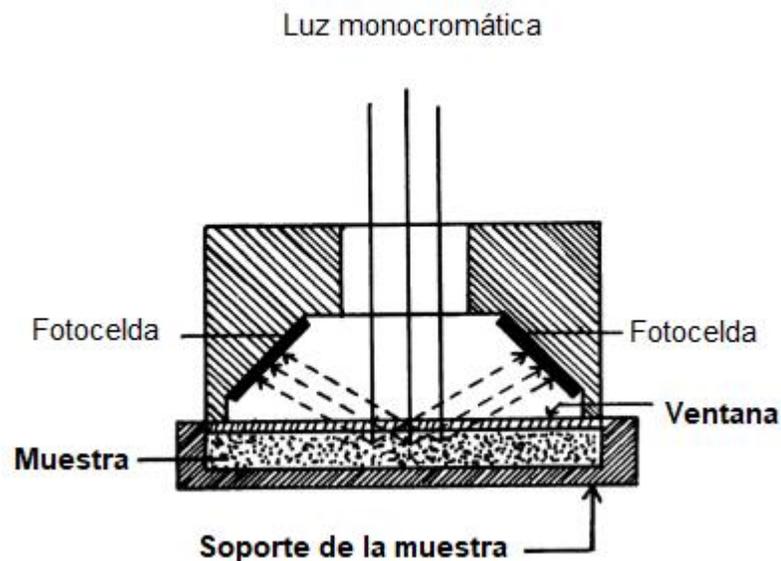


Figura 3. Geometría óptica para la medición de la difusividad de la reflectancia, basada en utilizar cero grados de iluminación y 45° de colección con una gran área de foto celdas (Norris *et al.*, 1976).

El uso de quimiometría permite la información relevante contenida en los espectros NIR para ser extraído para desarrollar modelos de calibración que permiten la predicción de la composición nutritiva de muestras desconocidas. La técnica es rápida y, en contraste con las técnicas estándar de análisis, se pueden realizar a un bajo costo analítico y sin utilizar productos químicos. (Hancock *et al.*, 2014). Además, se evitan las fuentes de error relacionado con el análisis de laboratorio. El control de las fuentes de error específicos para el análisis NIR conduce a ecuaciones de alta precisión y exactitud. La aplicación de NIRS para la determinación de arsénico (Font *et al.*, 2004), plomo, cobre y zinc en especies vegetales forrajeras y cultivadas ha revelado su potencial en la selección de estos elementos para la fitorremediación propósitos (Moron y Cozzolino, 2002).

La técnica de Espectroscopia de reflectancia del infrarrojo cercano (NIRS) es un método eficiente e indirecto para medir la composición química de los alimentos basados en la absorción de las propiedades del infrarrojo cercano exclusivo de los principales componentes químicos de una muestra. El análisis de la Reflectancia de Infrarrojo Cercano (NIRS) ha sido utilizado por más de 30 años para diferenciar la calidad de diversos cultivos principalmente de forraje. El método NIR tiene ventajas como la rápida determinación, un mínimo de preparación de muestras, análisis no destructivo, multiplicidad de preparación de muestras en una sola operación, sin consumo de reactivos y, en la última instancia, bajos costos marginales de análisis (Lee *et al.*, 2014).

Actualmente, las composiciones de calidad de nutrientes de los cultivos forrajeros han sido investigados usando el NIRS para especies varias especies como; la leucaena (Wheeler *et al.*, 1996), el maíz (*Zea mays*) (Montes *et al.*, 2009),

ensilaje de centeno (Moe y Carr, 1985), alfalfa (*Medicago sativa*), el trébol blanco (*Trifolium repens* L.) (Cozzolino y Morón, 2004) (Figura 4). Sin embargo, en la industria del mejoramiento genético de plantas y en la de los alimentos, no se han documentado ningún estudio que haya determinado la calidad nutritiva del forraje en el caso del mejoramiento de la soya utilizando el NIRS, por lo que quizá para esa evaluación estaría limitada.

Espectroscopia de reflectancia de infrarrojo cercano (NIRS) ha tenido el más rápido desarrollo de las técnicas de análisis espectrográfico en los últimos años. El principio determinante y proceso de la espectroscopia de reflectancia de infrarrojo cercano se presenta brevemente. Éstas incluyen principalmente el proceso en pre-técnica de procesamiento y el análisis de modelo de espectroscopia de reflectancia de infrarrojo cercano (Pu *et al.*, 2010) (Figura 4).

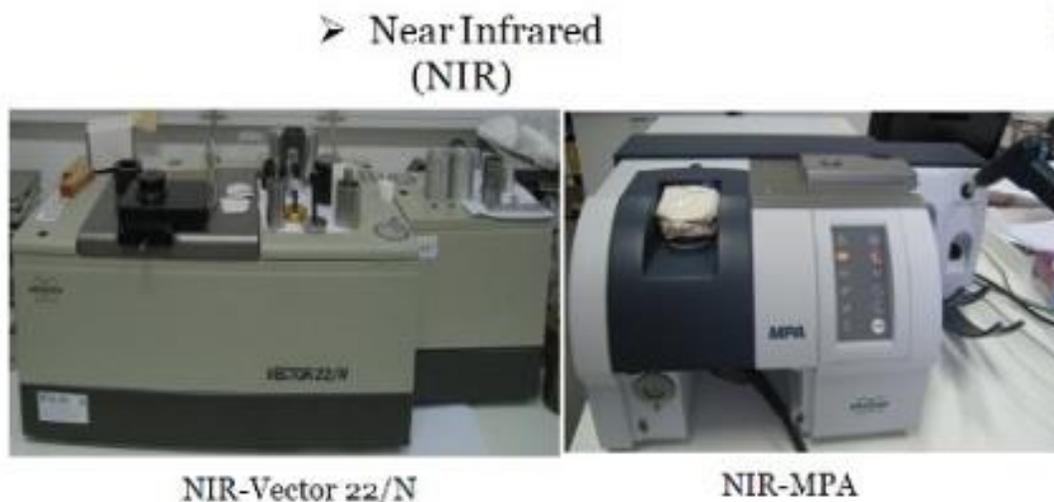


Figura 4. Imágenes de dos tipos de NIRS el Vector 22/N y el NIRS MPA, de análisis de alimentos de una manera rápida, precisa, segura y no destructiva, además de no contaminante.

Dos técnicas de pre-tratamiento, incluido el coeficiente diferencial son tratados con una técnica; la técnica de suavizado de la señal, y cuatro modelos de análisis de espectroscopia de infrarrojo cercano, incluyendo el modelo de regresión múltiple (MRM), el análisis de componentes principales (ACP), cuadrados mínimos parciales (CMP), y redes nerviosas artificiales. La investigación de documentos revisados demuestran que la espectroscopia de reflectancia de infrarrojo cercano es ampliamente aplicada en el análisis de alimentos y productos de origen animal, debido a que el análisis es rápido y, no destructivo y no contaminante (Pu *et al.*, 2010).

La espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano ha sido utilizado para determinar los ingredientes comunes del alimento, como materia seca, proteína cruda, fibra cruda, grasa cruda y así sucesivamente, micro-componentes incluidos, vitaminas, aminoácidos y componentes nocivos, y para determinar las propiedades físicas y químicas de los productos animales, incluyendo huevos, carnes de vacuno y porcino. Los detalles de las características analíticas de alimentos y productos animales descritos en los documentos revisados. Las nuevas tendencias y los límites a la aplicación de la espectroscopia de reflectancia de infrarrojo cercano en estos campos también se empieza a discutir por la comunidad científica (Pu *et al.*, 2010).

El NIRS es rápido, confiable y de bajo costo (Hancock *et al.*, 2014). Es un método computarizado que analiza los nutrientes del alimento. Usa una luz infrarroja en lugar de químicos (Figura 3), para identificar compuestos nutritivos y medir que cantidad hay en la muestra (Figura 4). Alimentos pueden analizarse en menos de

15 minutos usando NIR, comparado con horas o días que toma hacer algunos análisis utilizando métodos químicos (Hancock *et al.*, 2014).

Esto rápidamente ha cambiado, debido al bajo costo, y ha convertido al NIRS en un método favorito en nuestros días, como método de análisis. Como este método es nuevo, algunos alimentos y algunos nutrientes no pueden ser identificados. *In vivo* o *in vitro*. La digestibilidad es medida utilizando métodos *in vivo* and *in vitro*, Los métodos *in vivo* solo se utilizan en investigaciones, son muy caros, requieren lote de animales, lleva varias semanas. Los métodos *in vitro* también son caros y toman varios días, lo que se hace es simular en laboratorio el sistema digestivo del animal (Ronnenkamp y Hay, 2005).

En la década de 1980, los científicos comenzaron a utilizar el método de reflectancia en el infrarrojo cercano de las muestras de forraje conocido y encontraron buenas relaciones entre los datos de reflectancia y las mediciones de calidad de forraje. En el método de reflectancia en el infrarrojo cercano las bandas de 1100 a 2500 nm longitud de onda refleja de una manera conocida y repetible cuando entra en contacto con compuestos que contienen hidrógeno de carbono, nitrógeno y oxígeno (Ronnenkamp y Hay, 2005). En consecuencia, el complejo carbón - y nitrógeno-contener compuestos (por ejemplo, FDN, FDA, lignina, CP, etc.) puede estimarse con exactitud y precisión mediante la medición de infrarrojo cercano de los espectros de reflectancia. Usando estas relaciones, los investigadores e ingenieros desarrollaron equipos de (NIRS) de la reflectancia por espectroscopia en el infrarrojo cercano y además un software que proporcionan una segura, eficiente, y rentable alternativa para mejorar los métodos de extracción química (Morón and Cozzolino. 2002).

Además, la tecnología NIRS no causa la destrucción de una muestra. Esto permite a los investigadores analizar exactamente la misma muestra en varios laboratorios, los investigadores pueden desarrollar, depurar y verificar las ecuaciones de calibración para nuevas especies forrajeras o nuevas medidas del valor nutritivo. Por ejemplo, el sistema NIRS permite a los técnicos de laboratorio identificar a valores extremos (las muestras que no encajan bien en la calibración), que pueden ser analizados con química húmeda e incluidos en la ecuación de calibración para hacer más sólida la ecuación. La naturaleza no destructiva del NIRS permite también laboratorios con muestras estándar para llevar a cabo procedimientos que aseguren la calidad, que permita asegurar la precisión y exactitud en sus resultados. La National Forage Testing Association (NFTA) coordina un proceso de certificación que lleva a cabo pruebas al azar en los laboratorios de sus miembros (Certificados). Ellos envían una muestra conocida para los laboratorios participantes y el grado de los resultados de laboratorio. De esta manera, la llegada de NIRS ha mejorado sustancialmente la calidad y consistencia de los resultados de análisis de forraje (Morón and Cozzolino. 2002).

.2.9 Descripción del Milk 2006

Los beneficios y/o costos del mejoramiento en la calidad del forraje han sido históricamente difíciles de cuantificar o determinar. La primera versión fue una hoja de cálculo (MILK 90) que fue desarrollada para combinar tanto el rendimiento como la calidad nutritiva de un modo sencillo usando el concepto de leche producida por hectárea de forraje. Undersander *et al.* (1993). El rendimiento y calidad del forraje, la producción animal y los costos de insumos pueden variar. La hoja de cálculo asume un máximo uso del forraje y aproxima a dar una ración balanceada, para una

calidad de forraje dada, con maíz (*Zea mays* L.) y harina de soya (*Glicine max* L.) usadas como fuentes de energía y proteína respectivamente. La producción de leche del forraje es determinada como un porcentaje del total de la energía de la ración que proviene del forraje, del total de la producción de leche menos los requerimientos de mantenimiento del animal. La leche por hectárea es calculada como la leche por tonelada de forraje multiplicado por el rendimiento de forraje, Undersander *et al.* (1993). La hoja de cálculo permite la comparación de los cambios en rendimiento, calidad de forraje y costos de producción. MILK 90 es un intento para propósitos de enseñanza y extensión con el fin de permitir evaluar los beneficios de los cambios que resultan de cambios en las prácticas de manejo.

La otra versión más actualizada es el “Milk 2013” – El Milk-2013, puede estimar la producción de leche por hectárea y por tonelada de forraje utilizando esta hoja de cálculo desarrollada como un sistema de evaluación de alfalfa y de gramíneas o zacates forrajeros en la Universidad de Wisconsin. La hoja de cálculo en sus variables de entrada, utiliza valores obtenidos del análisis de laboratorio para PC, FDA, FDN, DFDN, cenizas, y Extracto Etéreo, junto con el rendimiento del forraje evaluado o medido en el campo para el cálculo de estas estimaciones. Dentro de las salidas, la hoja de cálculo calcula también CNF, TDN, CRF y VRA para forrajes como alfalfa y gramíneas (Undersander, *et al.*, 2013).

Undersander *et al.* (1993) desarrolló un método para estimar la producción de leche por tonelada de materia seca del forraje (DM) como un índice de la calidad del forraje de alfalfa y gramíneas (Figura 5). El índice de producción de leche por tonelada de Undersander *et al.* (1993) se basa en el contenido de energía del forraje

previsto desde la fibra detergente ácido (FDA), el potencial contenido y consumo de MS del forraje y el contenido predicho de fibra neutro detergente (FDN).

2.9.1 Diagrama de flujo del modelo MILK-91

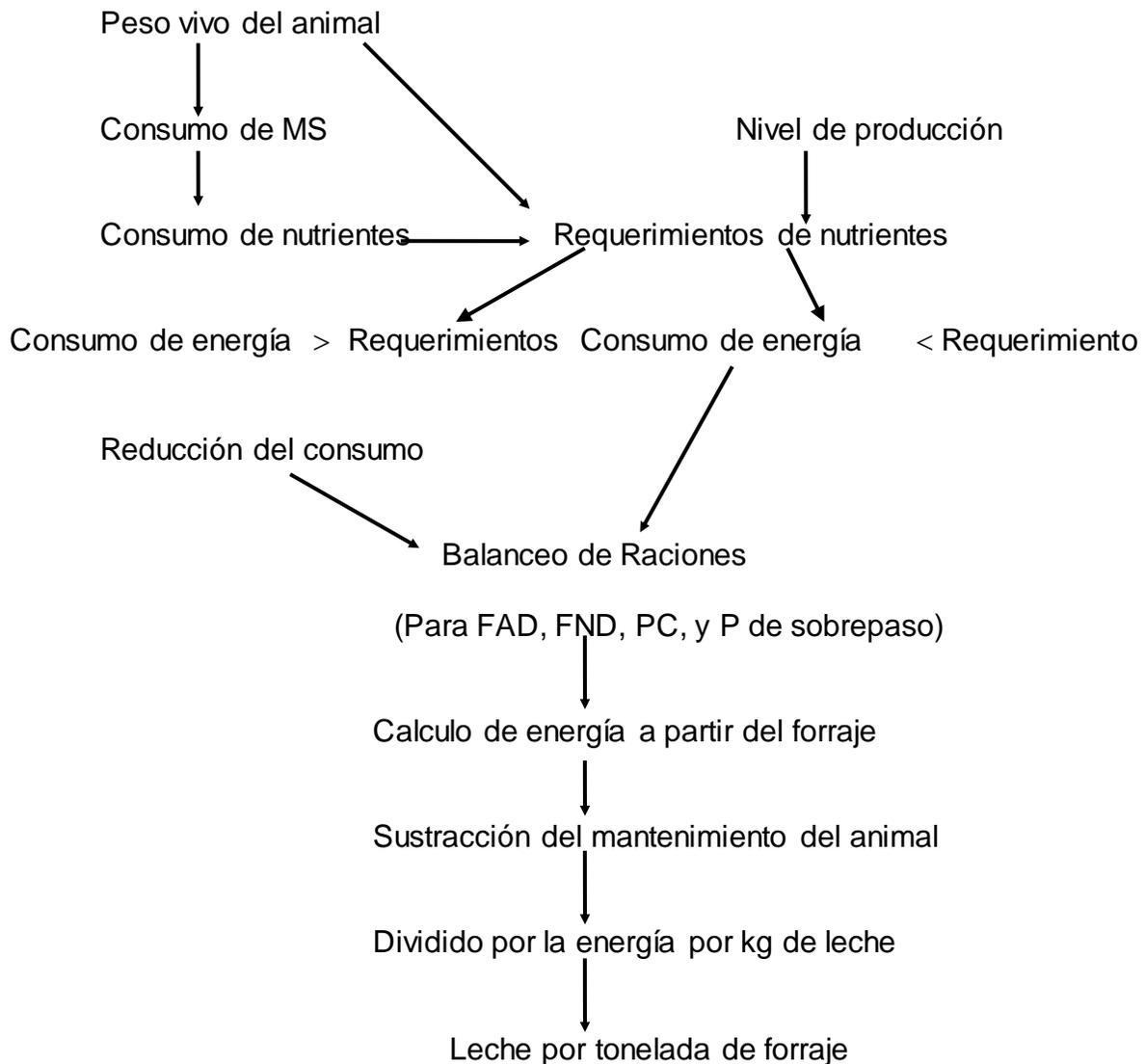


Figura 5. Diagrama de flujo utilizado en la hoja de cálculo del programa MILK 90 (Undersander *et al.*, 1993).

El índice por tonelada de leche se ha utilizado en diversos ensayos y evaluaciones de rendimiento de alfalfa en la Universidad de Wisconsin - Madison y

por empresas privadas dedicadas al mejoramiento de forrajes (Undersander *et al.* 2016). En las salidas del modelo de producción de forraje se incluye en algunos resultados de análisis de calidad nutritiva de las pruebas de laboratorio.

El índice de producción de leche por tonelada de Undersander *et al.* (1993) fue modificado para aplicarse en una sencilla y fácil hoja de cálculo de Excel denominada "Leche2006" MILK-2006 (Schwab *et al.*, 2003). Leche-2006 utiliza el análisis de forraje (% de proteína cruda, % de FDN, la digestibilidad *in vitro* de la FDN y carbohidratos no fibrosos) para estimar el contenido de energía mediante una modificación aproximada de la NRC (2001) y el consumo de MS de la FDN (Mertens, 1987) y la digestibilidad *in vitro* de la FDN (Oba y Allen, 1999) para predecir la producción de leche por tonelada de forraje de materia seca. Es importante, para evitar las diferencias entre laboratorios tomar en cuenta que los laboratorios de análisis del forraje solicitan en el ensayo que se introduzca su promedio del laboratorio de la digestibilidad *in vitro* de FDN en la celda G4 para reducir las diferencias de la predicción entre laboratorios.

En el MILK 2006, la ingesta de energía del forraje de una vaca lechera 1350 lb. o 450 kg de PV consume en la dieta un 30% de FDN la cual es calculada y el requerimiento de energía de mantenimiento de vaca (proporcionada según el porcentaje de forraje en la dieta) se resta de la ingesta de energía para proporcionar una estimación de la energía disponible de forraje para la conversión de materia seca a leche (NRC, 2001). El rendimiento de materia seca del forraje es multiplicada por la leche producida por tonelada de materia seca de forraje, la cual proporciona una estimación de la leche producida por hectárea y combina el rendimiento y la calidad nutritiva de una manera sencilla y práctica (Undersander *et al.*, 2016).

extracto etéreo. Los valores de los carbohidratos no fibrosos y CNF sin almidón son calculados en la hoja de cálculo de Excel (Figura 7) (Undersander *et al.*, 2016).

User Input Guide			
Required Inputs	Optional Inputs		
<i>Enter Below</i>			
1- Inputs for NDF Digestibility assay (NDFD; % of NDF)			
<p>Determined via in vitro incubation of sample in rumen fluid or NIRS calibrated from in vitro data. NRC-01 recommended 48-h incubations. There has been considerable interest within the industry regarding NDFD measured at earlier time points with suggestions of improved accuracy relative to in vivo data for 30-h incubation and improved lab turn around time and lab efficiency for 24-h incubation. There are concerns, however, about reduced precision at the earlier time points. In MILK2006, the user must define the incubation time used in the NDFD analysis of their samples by the laboratory and also the average corn silage NDFD for that lab for that incubation time. Input below the laboratory average for corn silage NDFD (% of NDF) and the time point used by the lab for their incubations (both values must be entered for the worksheet to function properly, and must correspond to the NDFD values entered for the samples being evaluated). Caution: early time point assays (24h or 30h) may lack precision unless sufficiently replicated in the lab.</p>			
Average, % of NDF	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">Lab NDFD</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">59</td> </tr> </table>	Lab NDFD	59
Lab NDFD			
59			
Incubation time hours (24, 30, or 48)	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">48</td> </tr> </table>	48	
48			
2- Inputs for assays to calculate starch digestibility			
<p>Starch digestibility is a calculated value with minimum set at 0.76 and maximum set at 0.98. If available and desired, either Kernel Processing Score (KPS), Degree of Starch Access (DSA), or In Situ-In Vitro Starch Digestion (IS-IV; total tract) assays can be inputted and used in this calculation by inputting "yes" after the assay below. Enter yes only if User desires to use the assay to calculate starch digestibility. Only one "yes" can be entered at a time. Leave entries as "no" for each assay to default to use of regression based on whole-plant DM content and whether or not kernel processed to calculate starch digestibility. For silage plot samples, range in DM content beyond 30% to 40% DM not recommended. For using DSA or IS-IV on silage plot samples, comparison across samples harvested by different choppers should be ground to a similar coarse particle size in the lab prior to analysis.</p>			

Figura 7. Guía de introducción de valores de entrada del modelo MILK 2006, en una hoja de cálculo de Excel, desarrollado por Undersander *et al.*, 2016.

La última versión de la hoja de cálculo del MILK 2016 (Alfalfa-gramíneas) contiene en sus bases de datos las tablas de la NRC (2001) y el valor relativo del forraje de 100 y para alfalfas de alta calidad en las hileras 12 y 13 como referencias de la calidad nutritiva. El operador del modelo, puede empezar a ingresar datos de sus ejemplos en la hilera 14: con la identificación de las muestras en la columna A, datos de calidad en la columna B y así a través hasta G y el contenido de materia seca y rendimiento en la columna H. Los valores calculados se presentan en las salidas en las columnas desde la I hasta la T (Undersander *et al.*, 2016).

Ante la necesidad de evaluar la mayor cantidad de las variables en la calidad de los cultivos posibles sobre los efectos e impactos de la aplicación de fertilizantes alternativos para los sistemas intensivos de producción de forrajes en la región y en específico sobre los efectos de la fertilización orgánica líquida ECAN (AS) en alfalfa, es por lo que la presente investigación tiene como objetivo principal el evaluar el efecto de AS (Acadian Suelo) sobre la variable final litros de leche por tonelada de materia seca de forraje y litros de leche por hectárea de alfalfa de segundo año bajo las condiciones y manejo del productor comercial en la Comarca Lagunera.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

La Comarca Lagunera, se encuentra conformada por las porciones sureste del estado de Coahuila y noroeste del estado de Durango. Este territorio se ubica entre los meridianos $102^{\circ} 00$ y $104^{\circ} 47$ de longitud oeste, y los $24^{\circ} 22$ y $26^{\circ} 23$ de latitud norte. Comprende quince municipios, de los cuales diez corresponden a Durango y cinco a Coahuila con un total de 48,887.50 kilómetros cuadrados. Esta amplia región es regada por dos ríos interiores: el Nazas y el Agua naval. Las ciudades conurbadas de Torreón, Coahuila, y de Gómez Palacio y Lerdo, en Durango, constituyen el corazón de esta región (Corona, 2005) (Figura 8).



Figura 8. Localización de la Comarca Lagunera, conformada por los estados de Coahuila y Durango (Tomado de Comarcalagunera.com).

Esta región se caracteriza por ser de clima árido, con una vegetación semi-desértica en la cual el Padre Nazas juega el importante papel de abastecer de agua

para el riego de las tierras y al no tener lluvias de temporal, por las características de la región, el afluente lagunero se vuelve clave para sus habitantes.

La temperatura más alta, mayor de 30°C, se presenta en los meses de mayo a agosto y la más baja en enero, que es alrededor de 4°C. Las lluvias son muy escasas, se presentan durante el verano; la precipitación total anual es alrededor de 220 mm. En la región Bolsón de Mapimí se localizan grandes áreas dedicadas a la agricultura de riego, de hecho, la Comarca Lagunera es la zona agrícola más importante de la entidad (SAGARPA, 2015).

3.2 Ubicación del experimento

El experimento se realizó en un lote de terreno en la propiedad de producción del Grupo Tricio Haro, esta propiedad se conoce como "Tablas de Frías", aproximadamente a 2.5 km de la carretera entre el Ejido Granada rumbo al Ejido Solís, teniendo el lote una superficie total de terreno de 52 hectáreas y de las cuales se seleccionó solo 20 ha al centro del lote, 10 ha para el lote tratado y 10 ha para el lote testigo, tal y como se muestra en la figura 9, el cual cuenta con un sistema de riego llamado válvulas alfareras, la cual accede a la irrigación en cuatro tablas, saliendo de la válvula de escape del agua de 12 pulgadas de diámetro, garantizando el riego en una superficie de terreno de una hectárea aproximadamente (Figura 10).



Figura 9. Localización del lote experimental de terreno de 52 hectáreas a 2.5 km de la carretera Ejido Granada a Ejido Solís, utilizado para la evaluación de Acadian Suelo en alfalfas de segundo año en el año 2016.

3.3 Duración. El presente trabajo de investigación se desarrolló en un periodo de seis meses iniciando con el primer corte del mes de enero de 2016 (Invierno) para terminar con el corte seis en el mes de agosto (verano) de ese mismo año, teniendo una duración de trabajo de campo de ocho meses, además del trabajo de gabinete y análisis de datos colectados fue en total de aproximadamente una año.



Figura 10. Panorama general del lote experimental de la alfalfa de segundo año, siendo el lote testigo a la izquierda del bordo y el lote tratado a la derecha del bordo, con el sistema de riego subterráneo abajo del bordo.

3.4 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, de la variedad CUF-101, 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.

3.5 Métodos

Como se mencionó anteriormente, 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 proyecto una alfalfa de segundo año. El producto se aplicó antes de cada riego de acuerdo al calendario de riegos y disponibilidad del productor.

3.5.1 Aplicación de Acadian suelo en campo

El empleo del fertilizante orgánico de extracto de algas marinas “Acadian suelo” se distribuyó a una dosis 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 m² el área total para cada tabla. Al momento de cada riego se realizó la preparación en campo al diluir 900 ml de Acadian Suelo en una cubeta de 20 lt (figuras 11 y 12) para aplicarla 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 13 y 14, es importante mencionar que los productos nutritivos Acadian suelo son compatibles con la mayoría de los insecticidas, fungicidas y fertilizantes.



Figura 11. Dilución del producto Acadian
suelo antes de la aplicación al momento del
riego.



Figura 12. Preparación del producto mezcla del
producto en una cubeta de 20 lts para
aplicación en cada tabla.



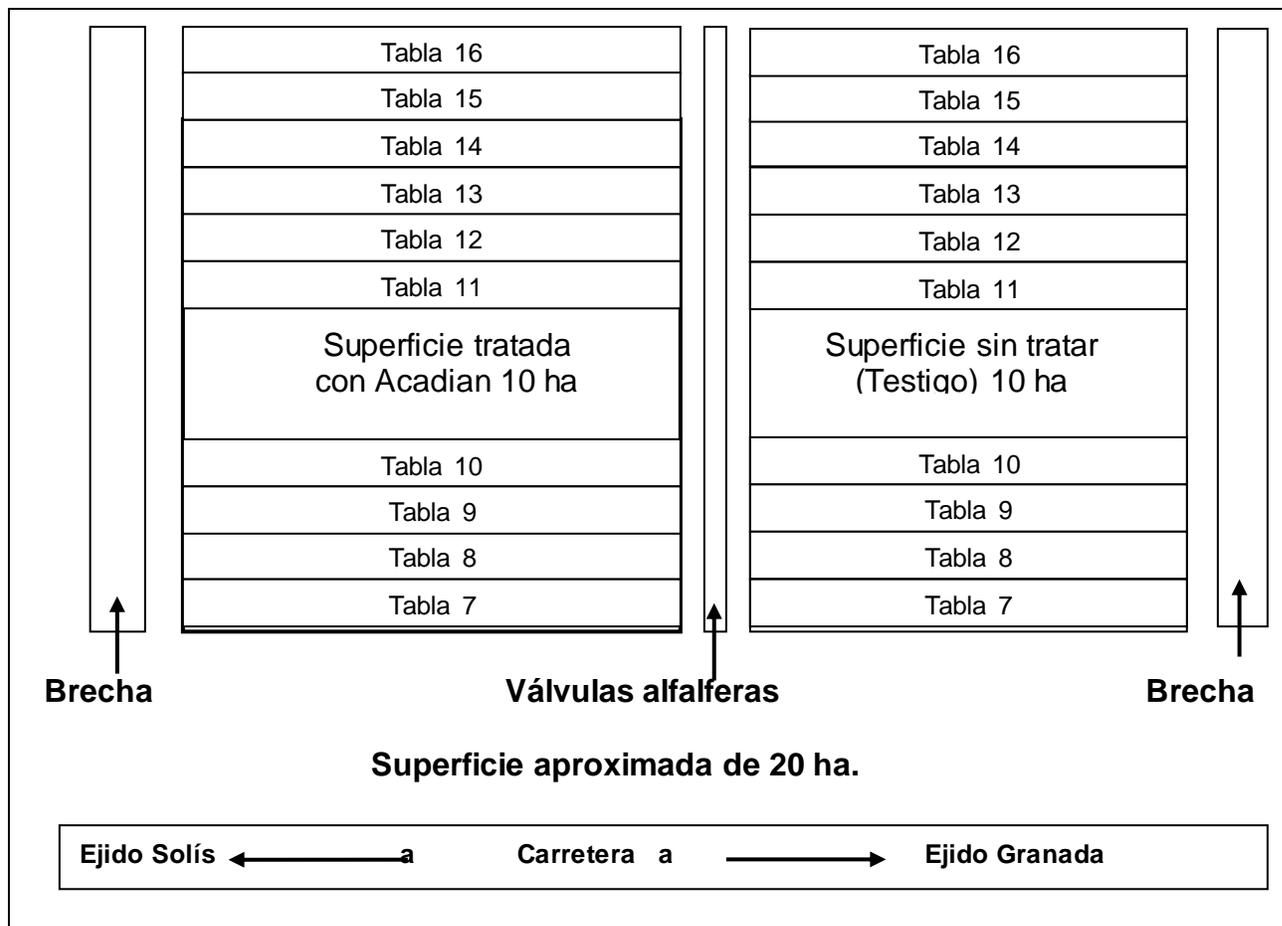
Figura 13. Aplicación del producto en la
salida de la válvula de agua al momento del
riego, para mejor distribución del mismo.



Figura 14. Aplicación del producto en la tabla,
notando la coloración oscura en el agua de
riego del producto aplicado en cada tabla.

El lote de terreno experimental se utilizó desde la tabla 7 a la 16 al centro de las 52 hectáreas con la finalidad de impedir los efectos de orilla, tanto en la porción del lote tratado como en la porción del testigo, tal y como se observa en el croquis del experimento.

3.5.2 Croquis del terreno



3.5.3 Calendario de aplicaciones de ECAN y cortes

En el calendario de aplicaciones del producto y cortes que se usó en la presente investigación se muestra en el cuadro 10, dicho calendario fue basándose en ambos casos al programa de riegos y de cortes realizado y disponible 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 escasez de forraje verde de alfalfa por parte del productor para la alimentación de sus vacas lecheras, teniéndose que llevar a 0cabo cortes muy tiernos, en pleno desarrollo vegetativo de la alfalfa y algunos con más del 65 % de floración (muy maduros).

Cuadro 10. Calendario de cortes, riegos y aplicación del Acadian suelo del cultivo de la alfalfa de segundo año 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 en 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 y17 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

3.6 Tratamientos

Los tratamientos que se usaron fueron dos.

T₁= Empleo de Acadian Suelo en dosis de una cantidad de 1.0 lt/ha.

T₂= Lote testigo, empleando la fertilización inorgánica del productor.

3.6.1 Variables a evaluar

1. Obtención de la calidad relativa del alimento (CRA)
- 2.- Obtención del valor relativo del forraje del cultivo de alfalfa (VRF)
3. Obtención de los litros de leche por ton/MS
4. Rendimiento de kilogramos de leche por hectárea
5. Obtención de la energía neta para ganancia de peso (Mcal/kg/MS)

3.6.2 Cosecha de la alfalfa (CA)

Para la obtención de la cosecha de la alfalfa se seccionó un cuadrante de una extensión de 0.3216 m² con una forma rectangular, la altura del corte fue de 5 cm sobre la elevación del suelo, (Figuras 15 y 16) obteniendo una muestra al azar al centro de cada una de las 10 tablas de cada uno de los lotes, tanto del tratado, como el testigo, obteniendo un total de 10 muestras por tratamiento de alfalfa en

cada uno de los 6 cortes que duro el experimento, para hacer un total de 120 evaluaciones.



Figura 15. Método del cuadrante utilizado para evaluar el rendimiento de la alfalfa, con el corte a 5 cm del suelo.



Figura 16. Obtención de las muestras de forraje de alfalfa, en bolsas de papel etiquetadas, para llevarlas al laboratorio para su secado.

El rendimiento de la materia seca (MS) por hectárea (Kg ha^{-1}) se obtuvo, a partir del corte de la materia verde, para la obtención de la materia seca (MS), se colocaron las muestras en una estufa a 72C° por 24 horas, (Figuras 17 y 18), 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, con la información del peso seco se determinó el rendimiento de forraje en base a materia seca por hectárea (MS ha⁻¹) (Figuras 19 y 20), en los materiales de alfalfa y se calcularon por corte, para posteriormente el acumulado de cada corte y al último la conversión de los datos obtenidos en Kg/MS/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.



Figura 17. Colocación de las muestras en la estufa a 72 °C durante 24 horas para el secado de las muestras.

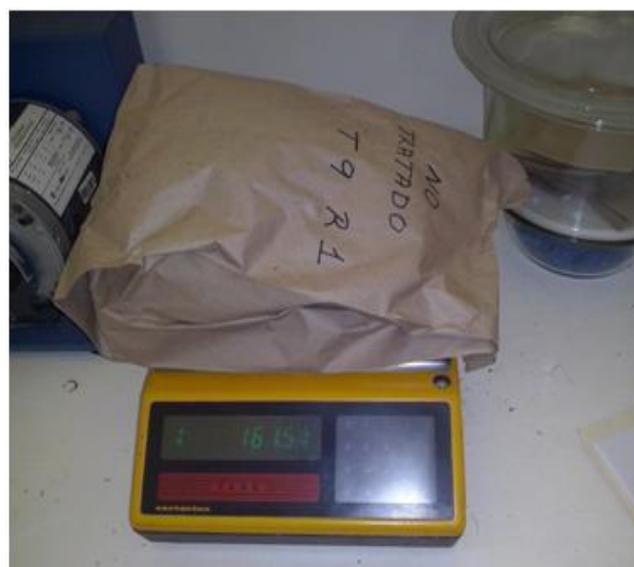


Figura 18. Pesaje de la alfalfa después del secado, para obtener el porcentaje de materia seca, para posteriormente convertir a kg por hectárea.

Este forraje cosechado fue el obtenido por (Bueno, 2016; Lara, 2016) de los cuales se aprovechó para obtener dentro del análisis del alimento un estudio más completo y con el fin de conocer mayores respuestas del forraje de alfalfa obtenido

con la fertilización orgánica líquida a base de extractos comerciales de *Ascophyllum nodosum* (ECAN).

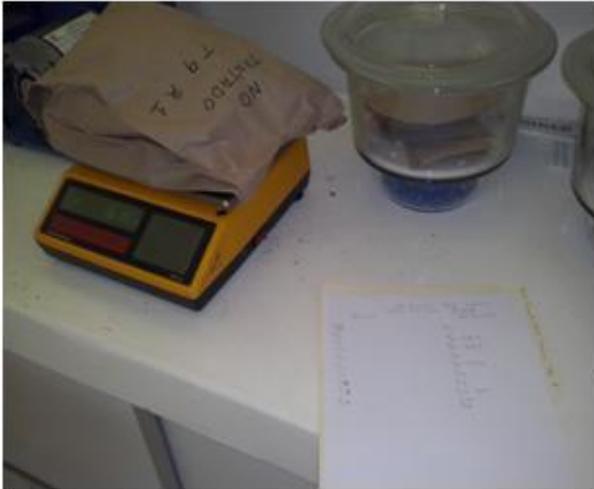


Figura 19. Obtención del peso seco de las muestras, para la obtención del porcentaje de materia seca.



Figura 20. Pesaje de la alfalfa en el laboratorio para obtener la materia seca, para posteriormente llevar a cabo la molienda para los análisis posteriores.

3.7 Diseño experimental

Se usó un diseño experimental, en bloques al azar con dos tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento y en seis cortes ($n=120$). El modelo que se usó se muestra a continuación.

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

Dónde:

T_{ijk} : Variables aleatorias a evaluar (CRA, VRF, L/Ton/MS y Lha^{-1} , etc)

μ : Promedio poblacional

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

B_j : Efecto de los bloques

Eijk: Error experimental aleatorio.

Los resultados fueron analizados a través del ANOVA y la separación de medias por medio de diferencia mínima significativa (DMS $_{0.05}$).

3.8 Calidad nutritiva (CN)

El análisis de la calidad nutritiva del forraje de alfalfa se llevó a cabo en un laboratorio certificado para el análisis de forrajes conocido como NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy), en el laboratorio certificado de Agrolab de México, en la ciudad de Gómez Palacio, Dgo.

Los análisis que se realizaron para obtener la calidad nutritiva como se mencionó anteriormente fueron:

1.-Obtención de la calidad relativa del alimento (CRA), 2.- Obtención del valor relativo del forraje del cultivo de alfalfa (VRF), 3.-Obtención de los litros de leche por ton/MS, 4.- Rendimiento de kilogramos de leche por hectárea y 5.-Obtención de la energía neta para ganancia de peso (Mcal/kg/MS)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Energía neta para ganancia de peso (Mcal/Kg/MS)

Los resultados obtenidos para este nutriente (ENgp) para seis cortes, los resultados del análisis de varianza, mostraron que no existieron diferencias significativas a ($P \leq 0.05$) ya que la cantidad obtenida para el lote tratado fue de 0.80 ± 0.04 de Mcal/kg/MS, es decir, de muy ligeramente calidad menor, mientras que en el lote testigo obtuvo el 0.84 ± 0.077 ENgp es decir, se considera de una calidad ligeramente mayor en 0.04 tal y como se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Obtención de la energía neta para ganancia de peso (Mcal/kg/MS) del cultivo de alfalfa tratado con Acadian suelo vs fertilización comercial en alfalfa de segundo año en el ciclo invierno-verano de 2016.

Variable, EN gp	Fecha de	T ₁	T ₂
No. de muestra	muestreo	Mcal/kg	Mcal/kg
1	18-feb-16	0.86	0.86
2	22-mar-16	0.72	0.84
3	29-abr-16	0.84	0.85
4	23-may-16	0.94	0.87
5	21-jun-16	0.56	0.81
6	08-ago-16	0.86	0.83
\bar{X}		0.80	0.84
EE		0.04	0.007
Rangos (Min y Max)		0.56-0.94	0.81-0.87
DMS _(0.05)		ns	ns

El valor nutritivo de un alimento está determinado en gran parte por su capacidad para proporcionar energía, lo cual se denomina Energía Neta (EN) para ganancia de peso (EN_{gp}, Mcal/kg/MS), y la energía es una medida altamente significativa del valor nutritivo de los alimentos, y se clasifican en excelentes mayores a 0.75 Mcal kg⁻¹, buenos de 0.65-0.70 Mcal kg⁻¹, regulares de 0.60-0.65 Mcal kg⁻¹ y malos o pobres con valores menores de 0.60 Mcal kg⁻¹ (Terrazas *et al.*, 2012). Por lo que respecto a la calidad del forraje obtenido en la presente investigación se considera de categoría excelente ya que aportan valores mayores a 0.80 Mcal/kg/MS.

Al analizar los datos obtenidos por corte, se puede observar que en el corte 4 del mes de mayo en el lote tratado fue cuando se obtuvo el mayor valor con 0.94, seguido del mes de agosto, sin embargo, el corte 5 del mes de junio fue el reportó el valor más bajo con 0.56. Respecto al lote testigo, el corte más sobresaliente fue igual el corte 4 el mes de mayo con 0.87 y siendo el corte 5 del mes de junio el que aportó también el valor más bajo con 0.81.

Terrazas *et al.*, (2012), en un estudio muy completo sobre 11 variedades de alfalfa en Chihuahua, reportó en la primavera de 2007 contenidos de EN_{gp} de entre 0.66 y 0.76 Mcal/kg/MS. En el verano de ese mismo año reportó valores entre 0.70 a 0.79, siendo la variedad Camino 999ML la más sobresaliente, sin embargo, en alfalfas de segundo año en el año 2008 en el invierno reportó valores más elevados siendo 0.72 hasta 0.90 en la variedad RG657901, mientras que en la primavera encontró valores muy similares a los obtenidos en este estudio con rangos de EN_{gp} de 0.82 a un máximo de 0.87 Mcal/kg/MS.

Robinson (2001), en alfalfas en California, reportó en heno de alfalfa 0.62 Mcal/Kg/MS, valores ligeramente menores a los reportados en este experimento.

Godoy (2015), reportó en muestras de heno de alfalfa de 0.72 Mcal/Kg/MS, sin embargo, reportó rangos de entre 0.48 y 0.97 de ENg porMcal/Kg/MS, siendo el valor del rango máximo consistente con los resultados obtenidos en este proyecto.

4.2 Valor Relativo del Forraje (VRF)

En lo que se refiere al VRF, los resultados obtenidos se reportan como un número derivado del cálculo y por lo tanto no tiene unidades, los cuales se muestran en el cuadro 12, observándose después del análisis de varianza que no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos a ($P \leq 0.05$), obteniendo un promedio de 209.8 ± 15.41 en el lote tratado con Acadian suelo, mientras que el lote testigo reporto 210.80 ± 9.8 de VRF.

De acuerdo a los estándares para la clasificación de este término según Linn y Martín, (1989), los resultados obtenidos correspondientes para ambas alfalfas T₁ y T₂, se clasifican en alfalfas de calidad premium o suprema, capaces de alimentar y llenar requerimientos de vacas altas productoras. Undersander (2003), menciona que alfalfa con un valor entre un rango de 140-160, pueden mantener lactaciones de vacas altas productoras de los tres primeros meses de lactación. Dunham, (1998) documenta que alfalfas con una valor de VRF de entre 125 y 140 pueden alimentar a vacas lecheras al final de la lactación y valores menores pueden alimentar adecuadamente a vaquillas en crecimiento.

Cuadro 12. Resultados obtenidos para de valor relativo del forraje (VRF) del cultivo de alfalfa tratado con Acadian suelo vs fertilización comercial en alfalfa de segundo año en el ciclo invierno-verano de 2016.

Variable, VRF	Fecha de	T ₁	T ₂
No. de muestra	muestreo		
1	18-feb-16	250.0	252.0
2	22-mar-16	207.0	217.0
3	29-abr-16	179.0	166.0
4	23-may-16	235.0	211.0
5	21-jun-16	138.0	197.0
6	08-ago-16	250.0	221.0
\bar{X}		209.8	210.7
EE		15.41	9.8
Rangos (Min y Max)		138-250	166-252
DMS (0.05)		ns	Ns

Al analizar los resultados por corte, el corte 6 y 1 de los meses de febrero y de agosto fueron los que mostraron el valor más alto a lo largo de todo el estudio en el lote tratado con un valor de 250 y el más bajo se obtuvo en el corte 5 del mes de junio con solo 138 de VRF. En el lote testigo el mayor valor de obtuvo en el corte 1 del mes de febrero con 252 y el valor más bajo de 166 que correspondió al corte 3 del mes de abril.

Un punto importante a considerar es que a lo largo de todo el experimento, que el lote tratado siempre se caracterizó por presentar un estado fenológico más avanzado de madurez en relación con el lote no tratado, razón por la cual, en estas determinaciones resultó más favorable, ya que el lote testigo, a través de la prueba siempre presentó un estado de crecimiento menos avanzado de madurez, es decir, si el porcentaje de floración era de 50% en el lote tratado, en el lote testigo era de 25%. De acuerdo con el investigador Hancock *et al.*, (2014) la madurez del forraje es el factor más importante que afectan la calidad del forraje.

De acuerdo a Linn y Martín, (1989) el VRF se relaciona directamente con el estado de floración de la alfalfa. Dicho índice es objetivo y preciso para determinar la cantidad de forraje. El VRF de 100 % equivale a una alfalfa en plena floración. Los forrajes con VRF por encima de 100 son de mejor calidad que la alfalfa en plena floración con valores de (53% FDN y 41% FAD) (Linn y Martín, 1989).

Undersander (2003), corrobora lo mencionado por Linn y Martín, (1989), en el cual valores de VRF entre 140-160 pueden alimentar vacas altas productoras durante los primeros tres meses de lactación.

Estudios realizados en Chihuahua por Terrazas *et al.*, (2012), en estudios realizados de 2007-2009 de 11 variedades de alfalfa documentaron un VRF de la variedad más alta con 172.1 en la variedad el Camino 888, seguida de la variedad Rio conchos con un VRF de 165.2, la variedad más baja fue la Camino 1010 con 137.9 en alfalfa de primer año, en invierno, sin embargo, en el segundo año las variedades P58N57 y Excelente Plus reportaron 185 de VRF y la más baja 156 la variedad Camino 999ML en el invierno del año 2008 y en el 2009, en alfalfa de tercer año, obtuvo valores entre 186 a 211 siendo la variedad más alta la P59N49, y la

más baja la Belleza verde, valores muy similares a los obtenidos en el presente estudio.

4.3 Calidad Relativa del Alimento (CRA)

Los resultados obtenidos para la CRA se muestran en el cuadro 13 a través de los seis cortes de alfalfa, para los cuales, después del análisis de varianza y los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas por lo que las medias de los tratamientos se comportaron de manera similar a una probabilidad de ($P \leq 0.05$). El promedio del lote tratado reportó un CRA de 226.7 ± 14.92 y el lote testigo 221.0 ± 11.18 , encontrándose el valor más elevado en el corte 4 en el lote tratado con 274 y el valor más bajo se encontró en el corte 5, con un valor de 155, por otro lado, en el lote testigo el valor más alto se reportó en el corte 1 y 4 con 252 y el valor más reportado bajo en el corte 3 con solo 178 de CRA.

Investigadores como Hancock (2012a) y Hancock (2011), reportan valores mínimos y máximos de CRA de entre 100 hasta 200, sin embargo, otros autores reportan valores de entre 256-264 de CRA. De acuerdo con García *et al.*, (2005) alfalfas con CRA mayores a un valor de 151 se consideran alfalfas con una calidad de forraje superior o Premium y en los dos tratamientos se obtuvieron valores mayores a 185 por lo que se clasifican como una calidad de alfalfa suprema.

Nuñez *et al.*, (2014) correlacionaron el VRF y CRA y encontraron correlaciones de 0.84 entre ambas, por lo que son consistentes con lo investigado por Moore y Undersander (2002a).

Cuadro 13. Resultados obtenidos para de calidad relativa del alimento (CRA) del cultivo de alfalfa tratado con Acadian suelo vs fertilización comercial en alfalfa de segundo año en el ciclo invierno-verano de 2016.

Variable, CRA	Fecha de	T ₁	T ₂
No. de muestra	muestreo		
1	18-feb-16	246.0	252.0
2	22-mar-16	248.0	242.0
3	29-abr-16	196.0	178.0
4	23-may-16	274.0	252.0
5	21-jun-16	155.0	212.0
6	08-ago-16	241.0	190.0
\bar{X}		226.7	221.0
EE		14.92	11.18
Rangos (Min y Max)		155-274	178-252
DMS _(0.05)		ns	Ns

Por otro lado, Hancock (2012a), reporta que los rangos de CRA en alfalfa para alimentar a vacas altas productoras pueden variar entre los 151-200, investigadores como Ronnenkamp y Hay (2005), relacionan la estimación de la CRA con la calidad del forraje de alfalfa producido con el tipo de animal a alimentar siendo estas vacas de primera o “Prime dairy” al obtener valores mayores de 151 de CRA.

Al relacionar el VRF y CRA de acuerdo con Moore y Undersander (2002), mencionan que existe una similitud entre los resultados del análisis de las muestras

de forrajes, por ejemplo donde el VRF es de 179 el promedio de CRA es de 172. Sin embargo, las muestras individuales de CRA variaron cuando mucho en 40 puntos ya sea hacia arriba o debajo del VRF y el 22% de las muestras variaron cerca de 20 puntos. Por lo tanto en alfalfas, se considera más común utilizar el CRA.

4.4 Litros de leche por tonelada de materia seca (Lts/leche/Ton/MS)

En la figura 21 se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza para la transformación del forraje (t/MS) de alfalfa a litros de leche por Ton/MS obtenidos por medio del Programa Milk 2013, (Undersander *et al.*, 2013) de la Universidad de Wisconsin, muestran que no existieron diferencias significativas a ($P < 0.05$) por lo que las medias de los tratamientos se comportaron estadísticamente de manera similar (Figura 21).

El promedio del lote tratado ($n=6$) reportó $1,732 \pm 70.64$ y el lote testigo 1687 ± 30.76 lts de leche/ton/MS, encontrándose el valor más alto en el corte 4 en el lote tratado con 1920 y el valor más bajo se encontró en el corte 5 con 1378, en el lote testigo el valor más alto se reportó en el corte 4 con 1879 y el más bajo en el corte 3 con 1595 lts de leche/ton/MS.

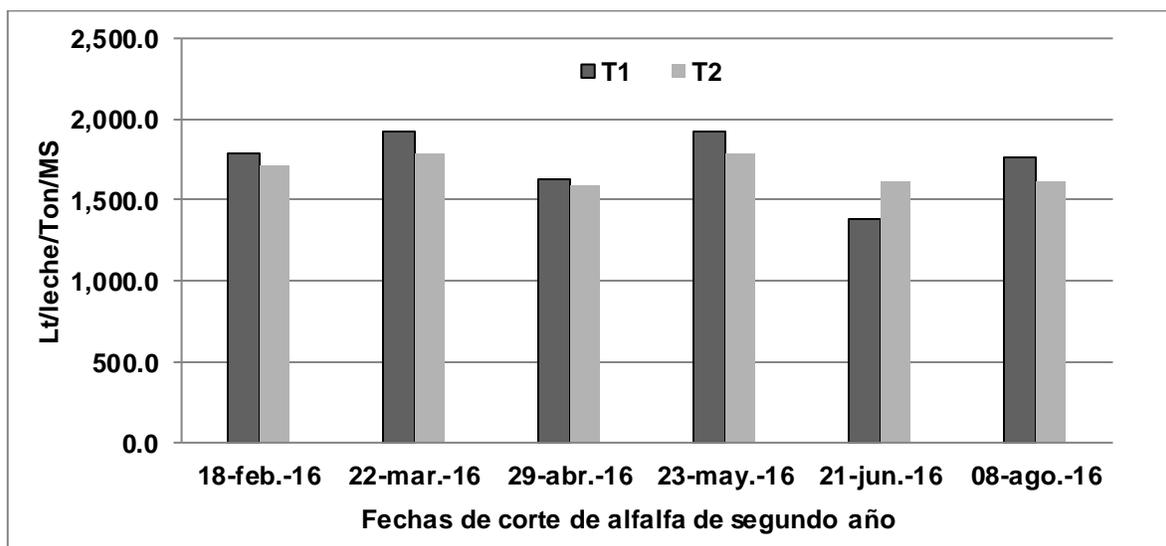


Figura 21. Obtención de los litros de leche por ton/MS del cultivo de alfalfa tratado con Acadian suelo vs testigo en alfalfa de segundo año en el ciclo invierno-verano en la Comarca Lagunera en el año 2016.

El promedio obtenido para el lote tratado representa un 2.59 % más leche por tonelada de materia seca.

Estudio de variedades de alfalfa en la Comarca Lagunera realizados por Puente *et al.*, (2002), reportaron una producción de 1,293.9 kg de leche/Ton MS con la variedad RO4214, valores menores a los obtenidos en esta investigación, por otro lado Terrazas *et al.*, (2012) en evaluación de 11 variedades en Chihuahua reportaron producciones de litros de leche/Ton/MS en promedio de tres años (2007-2009) de 1194.80 en la variedad el Camino 1010 y la más sobresaliente la Excelente 9HQML 1,254.77 litros de leche/Ton MS, producciones menores a las obtenidas en esta investigación, pero consistentes con los obtenidos por Puente *et al* (2002). Hutjens (2005), reporta una producción de 1,298.63 kg de leche por tonelada de MS de alfalfa en Illinois USA.

Undersander *et al*, (2016), combinando los índices de rendimiento y calidad nutritiva en alfalfa obtuvieron producciones de leche en promedio de 1,368 lt/Ton MS un rango mínimo de 800 y un rango máximo de 1,732 litros por tonelada de materia seca de alfalfa, consistentes con los valores obtenidos en el presente trabajo.

Shaver (2013), utilizando el Milk 2000, relacionó el impacto de la calidad de la alfalfa sobre los kg de leche por ton de materia seca encontrando 1,249.64 Kg/ton/MS, 1,156.20 y 1,062.31 en alfalfas con (22, 40 y 175); (19, 45 y 150) y (16, 50 y 125) de % de PC, FDN, % y VRF, respectivamente.

Pickseed (2017), en evaluación de dos variedades de alfalfa reportaron en 9 cortes y tres años de evaluación en la variedad Misson HVXRR 1,277.0 kg/leche/Ton/MS y la variedad Pionner 1,128.2 kg/leche/ton/MS.

4.5 Litros de leche/ha (L ha⁻¹)

Esta evaluación es la que más le interesa al productor y que al final de cuentas es la que permite definir si se quiere cosechar litros de agua o litros de leche y es la decisión que tiene que tomar el productor en seleccionar el tipo de fertilizante y la fecha de cosecha.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza para la transformación de litros de leche por hectárea, obtenidos por medio del Programa Milk 2013, (Undersander *et al.*, 2013) de la Universidad de Wisconsin, se muestran en el cuadro 14, en el cual se observa que no existieron diferencias significativas a ($P < 0.05$) por lo que las medias de los tratamientos se comportaron estadísticamente de manera similar. El promedio del lote tratado ($n=6$) reportó 4413.4 ± 216.6 y el lote testigo 3773.3 ± 246.2 lts de leche ha⁻¹, encontrándose el valor más alto en el corte 2 en el lote tratado con 5427 y el valor más bajo se encontró en el corte 1 con 3467, en el lote testigo el valor más alto se reportó en el corte 4 del mes de mayo con 5141 y el más bajo en el corte 1 con 3063 lts de leche por hectárea.

Los resultados obtenidos para los litros por hectárea (L ha⁻¹) se muestran en la figura 22 los acumulados en 6 cortes ($n=6$) los cuales muestran también, que no existieron diferencias significativas a ($P < 0.05$) ya que la cantidad obtenida para el lote de alfalfa tratado fue de 26,780 Lt/leche/ha, es decir, que produce una mayor cantidad, mientras que en la alfalfa no tratada se obtuvo el 22,639 Lt/leche/ha, es

decir, se considera de una alfalfa de ligera menor cantidad, sin embargo, la alfalfa tratada produjo un 15.46 % más leche por hectárea.

Cuadro 14. Kilogramos de leche por hectárea en 6 cortes del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) de segundo año tratado con Acadian suelo vs Testigo comercial en el ciclo invierno-verano en la Comarca Lagunera, en el año 2016.

Variable, Lt/leche/ha	Fecha de muestreo	T ₁ Lt/l/ha	T ₂ Lt/l/ha
No. de muestra			
1	18-feb-16	3,467.1	3,063.4
2	22-mar-16	5,427.9	3,418.3
3	29-abr-16	4,241.3	3,596.7
4	23-may-16	4,362.2	5,141.6
5	21-jun-16	4,522.6	3,771.4
6	08-ago-16	4,459.1	3,656.0
\bar{X}		4,413.4	3,773.3
EE		216.6	246.2
Rangos (Min y Max)		3467-5427.9	3063-5141
DMS (0.05)		Ns	ns

Terrazas *et al.*, (2012) en evaluación de 11 variedades de alfalfa en Chihuahua y reportaron producciones de litros de leche/ha promedio de 3 años (2007-2009) de 20,261 en la variedad Camino 888 en invierno del 2007, es decir en alfalfas de primer año, en el invierno de 2008 reportó hasta 24,359 en la variedad RG65901 y la que reportó la menor producción fue la Camino 999ML con 19,563 kg/leche/ha esto en 9 cortes.

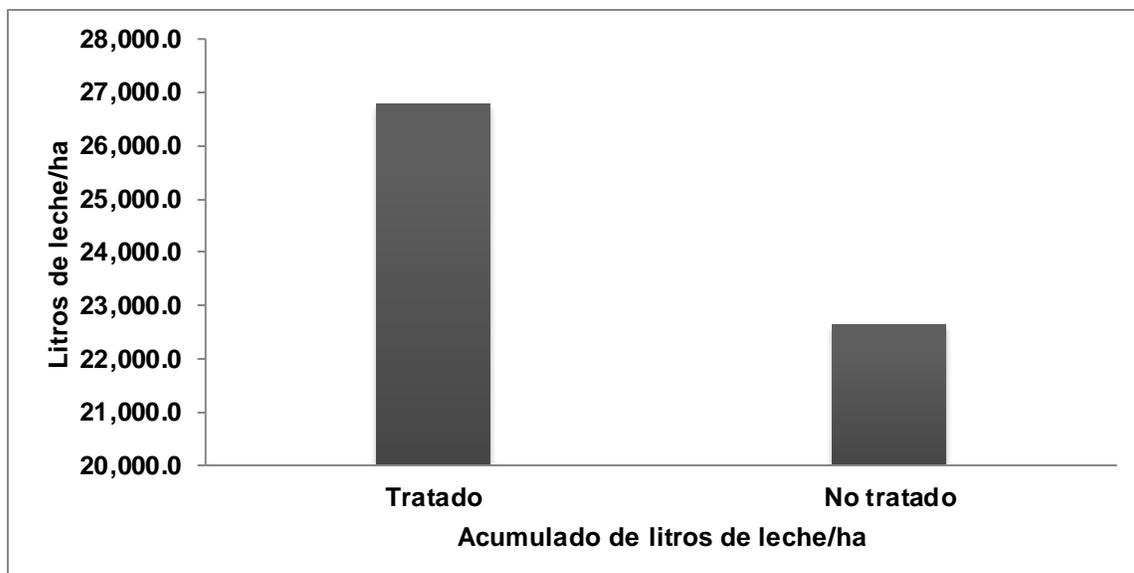


Figura 22. Acumulado de kilogramos de leche por hectárea en 6 cortes del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) de segundo año tratado con Acadian suelo vs Testigo comercial en el ciclo invierno-verano en la Comarca Lagunera, en el año 2016.

Terrazas *et al.*, (2012), en invierno del 2009 en alfalfas de tres años reportaron hasta 28,585 en la variedad el Camino 1010 y la más baja fue la P58N57 con 23,315 L ha⁻¹. Sin embargo, ya en el promedio de los tres años reportaron hasta 38,898 en la variedad más alta la Excelente 9HQML y la más baja con 32,893 L ha⁻¹ valores más altos a los obtenidos en el presente proyecto.

Shaver (2013), utilizando el Milk 2000, relacionó el impacto de la calidad de la alfalfa sobre los kg de leche por hectárea encontrando 13,896 Kg/leche/ha, 13,569 y 13,125 en alfalfas con (22, 40 y 175); (19, 45 y 150) y (16, 50 y 125) de (% de PC, FDN, % y VRF), respectivamente.

Pickseed (2017), en evaluación de dos variedades de alfalfa reportaron en 9 cortes y tres años de evaluación en la variedad Misson HVXRR 24,770 kg/leche/ha y la variedad Pioneer 22,182 kg/leche/ha.

Estudios realizados por Puente *et al.*, (2002) en la Comarca Lagunera reportaron que las variedades con una mayor potencialidad de producción de leche por ha fueron la SW 14 seguida por la Moapa 69 con valores de 45,251.2 y 45,176.4 kilos/leche/ha, estas dos variedades presentan una importante capacidad de producción de leche tanto en toneladas de materia seca como por superficie.

Jahn *et al.*, (2000), en un estudio de sistema de producción de leche para la zona centro sur reportaron 16,889 L ha⁻¹ y mencionan que los sistemas de producción de la zona norte de tipo intensivo legaban a producir 17,800 L ha⁻¹ lo anterior para el año 2000, es decir, hace 17 años.

Colombari *et al.*, (2001) obtuvieron 19,000 kg/leche/ha en un estudio con ensilaje de alfalfa con alta y baja materia seca, promedio muy similar reportado por Nuñez (2003) para las alfalfas establecidas bajo las condiciones de la Comarca Lagunera. En la Comarca Lagunera la producción de leche por hectárea varía entre 14,500 y 34,000 lt/ha y depende de muchos factores, siendo tres los más importantes; el % de MS, el rendimiento de MS/ha y el tipo de fertilizante utilizado (Nuñez *et al.*, 2003). Hutjens (2005) reporta una producción de 16,043.86 kg de leche por hectárea en Illinois USA.

5. CONCLUSION

Se concluye que la aplicación ECAN del producto orgánico líquido (AS) en alfalfa, no produjo diferencias entre los tratamientos para ninguna de las variables estudiadas en este trabajo, incluyendo la producción de litros de leche por hectárea por lo que se considera que no existió un efecto sobre la cantidad de leche producida en la alfalfa de segundo año.

Se hace necesario continuar estudiando el impacto de la aplicación de este tipo de fertilizantes orgánicos a través de más ciclos agrícolas, para poder estar en condiciones de evaluar las variables en un mayor y largo plazo en alfalfas de segundo y tercer años.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Açıköz E**, Sincik M, Weitgreffe G, Surmen M, Cecen S, Tavuz T, Erdurmus C, Goksoy AT. 2013. Dry matter accumulation and forage quality characteristics of different soybean genotypes. *Turk J. Agric For* 37: 22-32
- Asekova** Sovetgul, Sang-ik Han, Hong-Jib Choi, Sang-Jo Park, Dong-Hyun Shin, Chan-Ho Kwon, J. Grover Shannon, Jeong-Dong Lee. 2016. Determination of forage quality by near-infrared reflectance spectroscopy in soybean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry. Turk J Agric For* (2016) 40: 45-52
- Blanco, M.** and Villarroya, I. 2002. NIRS spectroscopy: a rapid-response analytical tool. *Trends Anal. Chem.* 21, 240–250.
- Bueno F. A. F.** 2016. Evaluación del efecto de Acadian Suelo sobre calidad de alfalfa (*Medicago sativa*) de primer año en la Comarca Lagunera. Tesis Profesional. MVZ. UAAAN UL Junio. p 25-53
- Calsamiglia** Sergio .1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. *Nuevas Bases Para La Utilización De La Fibra En Dietas De Rumiantes. XIII Curso De Especialización FEDNA. Madrid, 6 y 7 de Noviembre de 1997* p
- Coblentz** W.K., Brink G.E., Martin N.P., Undersander D.J., 2008 - Harvest Timing Effects on Estimates of Rumen Degradable Protein from Alfalfa Forages. *Crop Science*, 48:778-788.
- Colombari G.**, Borreani G., and Crovetto G. M. 2001. Effect of ensiling alfalfa at low and high dry matter on production of milk used to make Grana cheese. *J Dairy Sci.* 2001 Nov;84(11):2494-2502.
- Cozzolino D.** and A. Moron. 2004. Exploring the use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to predict trace minerals in legumes. *Animal Feed Science and Technology. Volume 111, Issues 1–4, 12 January 2004, Pages 161-173*

- Cozzolino**, D. A. Fassio and A. Gimenez. 2000. The use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to predict the composition of whole maize plants. *J.Sci. Food Agric.* 81:142- 146.
- Cumberland Valley Analytical Services, Inc., Hagerstown, En línea: http://www.foragelab.com/Media/RFV_vs_RFQ-CVAS%20Perspective.pdf
- DHIA Laboratories. 2014. Relative Forage Quality (RFQ) vs. Relative Feed Value (RFV). Stearns DHIA Laboratories 825 12th Street South, PO Box 227 Sauk Centre, MN
- Dunham** James R. 1998. Relative Feed Value. Measures Forage Quality a Forage Facts. Publication of the KANSAS FORAGE TASK FORCE. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service
- Font, R.**, Del Río, M., Vélez, D., Montoro, R., and De Haro, A. 2004. Use of near infrared spectroscopy for determining the total arsenic content in prostrate amaranth. *Sci. Total Environ.* 327, 93–104
- García A.**, N. Thiex, K. Kalsheur and K. Tjardes. 2005. Interpretación de los análisis de henos y henilajes College Of Agriculture And Biological Sciences. South Dakota State University / USDA. ExEx4002-S May. P 1-4
- Godoy J.** A. 2015. Alta producción de leche con bajo nivel de concentrados. VIII Congreso de conservación de forrajes y nutrición. 30-31 de octubre de 2014. Rosario, Santa Fe. Argentina.
- Hancock D. W. and Moore. 2002. Relative Forage Quality. Focus on Forage. Wisconsin Team Forage. Vol. 4:No. 5 p 1-2. University of Wisconsin Board of regents. UW Extension. Madison. USA.
- Hancock D.** W., U. Saha., R. Lawton S., J. K. Bernard., R. C. Smith and J. M. Johnson. 2014. Understanding and Improving Forage Quality. The University of Georgia. UGA Extension Bulletin 1425. January. p 1-15
- Hancock D. W.** 2011. Using Relative Forage Quality to Categorize Hay. The University of Georgia. Cooperative Extension. UGA Extension Bulletin 1425. CSS-F048. August. p 1-7.

- Hancock D. W.** 2012a. Using Relative Forage Quality to Categorize Hay. The University of Georgia. Cooperative Extension.UGA Extension Bulletin 1425. CSS-F048. August. p 1-7
- Hancock Dennis.** 2012b. Forage quality: Differences in species. Georgia Cattlemen. Forage Extension Specialist. The University of Georgia. En línea: www.georgiaforages.com.
- Hutjens M.** 2005. Can Alfalfa Compete with Corn Silage in Dairy Rations. Expo Forage USDA Seminar. Animal Sciences. University of Illinois Extension.Illi ni Dairy Net.https://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/36553000/pdf/s/Hutjens_alfalfa%20and%20corn%20silage.pdf p 12.
- Jahn B.,** Ernesto, Vidal V., Agustín, y Soto O., Patricio. 2000. Sistema de producción de leche basado en alfalfa (*Medicago sativa*) y maíz (*Zea mays*) para la zona centro sur: producción de leche. *Agricultura Técnica*, 60(1), 43-51. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072000000100004>
- Jeranyama, Peter** and Alvaro D. García. 2004. Understanding Relative Feed Value (RFV) and Relative Forage Quality (RFQ). College of Agriculture & Biological Sciences / South Dakota State University / USDA. SDSU Cooperative Extension Service. ExEx8149 August. p 1-3.
- Lara Pérez P.** 2016. Evaluación del efecto de Acadian Suelo sobre rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa*) de primer año en la Comarca Lagunera. Datos sin publicarl. MVZ. UAAAN UL
- Lee E J.,** Choi H. J., Kwon C. H., Shannon J. G., Lee J. D. 2014. Evaluation of forage yield and quality for the accession derived from inter-specific cross between wild and cultivated soybean. *Korean Journal Breed Science* 46: 66-67.
- Linn, J. Y** Martin, N. 1989. Forage quality tests and interpretations. University of Minnesota Extension Service; Minneapolis: (MN AG-FO-02637) Minn. Dairy Conf., pg 9.

- Marsalis M. A.,** S. V. Angadi F., E. Contreras-Govea. 2010. Dry matter yield and nutritive value of corn, forage sorghum, and BMR forage sorghum at different plant populations and nitrogen rates. *Field Crops Research*. Volume 116, Issues 1–2, 3 March 2010, Pages 52-57
- Marsalis Mark A., G. Robert Hagevoort, Leonard M. Lauriault. 2009. Hay quality, sampling, and testing. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, New Mexico State University. Circular 641. Las Cruces NM. En línea:http://aces.nmsu.edu/pubs/_circulars/CR641/
- Mertens, D. R.** 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.* 64:1548-1558.
- Moe A. J.** and S. B. Carr. 1985. Laboratory Analyses and Near Infrared Reflectance for Predicting In Vitro Digestibility of Rye Silage. *Journal of Dairy Science*. Volume 67, Issue 6 p 1301-1305
- Montes J. J,** Mirdita V, Prasad K, Blummel M, Dhillon S.B, Melchinger E.A. 2009. A new near infrared spectroscopy sample presentation unit for measuring feeding quality of maize stover. *JNIRS* 17: 195–201.
- Moore, J. E. and D. J. Undersander, 2002b. Relative Forage Quality: An alternative to relative feed value and quality index. p. 16-31 In: Proc. Florida Ruminant Nutrition Symposium, January 10-11, University of Florida, Gainesville
- Moore, J. E.** and Daniel J. Undersander. 2002a. Relative Forage Quality: A proposal for replacement for Relative Feed Value. 2002 Proceedings National Forage Testing Association.
- Morón, A.** and Cozzolino, D. 2002. Determination of macro-elements in alfalfa and white clover by near-infrared reflectance spectroscopy. *J. Agr. Sci.* 139, 413–423.
- Muñoz Vargas Jaime. 2005. La Comarca Lagunera, constructo cultural. Universidad Iberoamericana Torreón. Biblioteca San Ignacio De Loyola. D.R. Universidad Iberoamericana Torreón (FOUHLAC) UIA Torreón Calzada Iberoamericana 2255 27020 Torreón, Coahuila, México.
- NRC. National Research Council.** 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington D.C. National Research Council. 1989.

- Norris, K. H., R. F. Barnes, J. E. Moore, and J. S. Shenk.** 1976 Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *J. Anim. Sei* 43(4):889-897.
- Núñez G. H. G., K. Rodríguez H., J. A. Granados N., A. Anaya S y Uriel Figueroa V.** 2014. Calidad nutricional y utilización de forrajes en explotaciones lecheras en la Región Lagunera. *AGROFAZ Volumen 14 No. 1* 2014. P 33-41
- Núñez Hernández, Gregorio., et al.** 2003. Calidad Nutricional y utilización de forrajes en explotaciones lecheras en la Región Lagunera. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Oba, M.** and M. S. Allen. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:589-596.
- Peterson Paul.** 2011. Alfalfa mixtures with orchardgrass or tall fescue outperform alfalfa alone. Dairy Extension. University of Minnesota Extension. August. En línea: <https://www.extension.umn.edu/agriculture/dairy/forages/alfalfa-mixtures-with-orchardgrass/>
- Pickseed.** 2017. Mission HVXRR Alfalfa. 2018 Technical Data. Product Information. Pickseed.com
- Pu Xue** Guang, Yu Guang, and Pu Fen Xi. 2010. Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) and its application in the determination for the quality of animal feed and products. National Institutes of Health. PubMed.gov. Jun;30(6):1482-7
- Puente** Manríquez J. L., V. H. Soto V., y S. Ramírez L. 2002. Reporte de Avances de Investigación. Dirección de Investigación. Zonas áridas. En línea: http://www.uaaan.mx/DirInv/Avances_2002/Zaridas/PuenteAlfalfa.pdf p 271-280
- Putnam** Daniel H. 2015. Why Alfalfa is the Best Crop to have in a Drought. Alfalfa and Forage News. News and information from UC Cooperative Extension about alfalfa and forage production. <http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=17721>

- Radović J., D. Sokolović, J. Marković.** 2009. Alfalfa-Most important perennial forage legume in animal husbandry. *Biotechnology in Animal Husbandry* 25 (5-6), p 465-475, 2009
- Robinson Peter.** 2001. Estimating the energy value of corn silage and other forages. UC Cooperative Extensión, University of California, Davis 95616. <http://alfalfa.ucdavis.edu>.
- Rocateli A. and H. Zhang.** 2017. Forage Quality Interpretations. Oklahoma Cooperative Extension Service. OSU. Extension Fact Sheet. En línea: <http://factsheets.okstate.edu/documents/pss-2117-forage-quality-interpretations/>
- Ronnenkamp D. y P. C. Hay.** 2005. Capítulo 8: Análisis de forrajes e inventario. Sitio Argentino de Producción Animal Pag 1-19 En Línea: http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/29-analisis.pdf
- SAGARPA** (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Estadísticas de la producción agropecuaria. Comarca Lagunera.
- Schwab, E. C., R. D. Shaver, J. G. Lauer, and J. G. Coors.** 2003. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. *J. Anim. Feed Sci. Technol.* 109:1-18.
- Shaver R. D.** 2013. Practical Application of New Quality Tests. Department of Dairy Science College of Agricultural & Life Sciences University of Wisconsin-Madison. University of Wisconsin-Extension. En línea: <http://extension.wsu.edu/wallawalla/wp-content/uploads/sites/26/2013/07/New-Forage-Quality-Tests.pdf>
- Shaver, R. D., D. J. Undersander, E. C. Schwab, P. C. Hoffman, J. G. Lauer, D. K. Combs, and J. G. Coors.** 2002. Evaluating Forage Quality for Lactating Dairy Cows. *Proc. Intermountain Nutr. Conf.* Salt Lake City, UT.
- Shenk, J. S.** 1992. NIRS analysis of natural agricultural products. In (Ed. K. I. Hildrum, T. Isaaksson, T. Naes and A. Tandberg) *Near Infrared*

- Spectroscopy. Bridging the Gap between Data Analysis and NIR Applications. London: Ellis Horwood. pp. 235-240.
- SAGARPA. 2017.** Producción Agropecuaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria en la Región Lagunera en 2016. Coahuila y Durango. En línea: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>
- 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. Consultado: Julio 2016.
- SIAP. 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>
- 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>
- Stalling Ch. C.** 2006. Relative Feed Value (RFV) and Relative Forage Quality (RFQ). Virginia Tech. Virginia Cooperative Extension. Virginia State University. En línea: http://www.sites.ext.vt.edu/newsletter-archive/dairy/2006-05/rfv_rfq.html
- Stancheva I.,** Geneva M., Djonova E., Kaloyanova N., Sichanova M., Boychinova M., Georgiev G., 2008 - Response of alfalfa (*Medicago sativa* L.) growth at low accessible phosphorus source to the dual inoculation with mycorrhizal fungi and nitrogen fixing bacteria. General and Applied Plant Physiology, 34(3-4):319-326.
- Stavarache Mihai,** Costel Samuil, Doina Tarcău, and Vasile Vîntu. 2016. Evolution and relationship of some macro minerals in *Medicago sativa* L. PLANTS. Lucrări Științifice – vol. 59(1)/2016, seria Agronomie p183-189.
- Terrazas Prieto,** Jose G., *et al.* 2012. Rendimiento y valor alimenticio de variedades de alfalfa para la producción de leche en la cuenca de Delicias Chihuahua. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

- Undersander D.**, D. Combs, and R. Shaver. 2016. Milk 2016 (ALFALFA-GRASS): Index Combining Yield and Quality. En línea: <http://shaverlab.dysci.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/87/2016/12/v2-Alfalfa-Grass-Milk-2013-Explanation-draft-combined.pdf>
- 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
- Undersander Dan.** Sin fecha. Comparison of Relative Forage Quality (RFQ) to Relative Feed Value (RFV). University of Wisconsin. En línea: <https://fyi.uwex.edu/forage/comparison-of-relative-forage-quality-rfq-to-relative-feed-value-rfv/>
- Undersander, D. 2003.** The new Relative Forage Quality Index-concept and use. World's Forage Superbowl Contest, UWEX.
- Undersander, D.**, Combs, D., Shaver, R., and Hoffman, P. 2013. Milk 2013 - Alfalfa/grass evaluation system. University of Wisconsin Extension. <http://www.uwex.edu>. Web sites verified 7/18/16.
- Undersander, D.J.**, W.T. Howard, and R.D. Shaver. 1993. Milk per acre spreadsheet for combining yield and quality into a single term. J. Prod. Ag. 6:231-235.
- Ward** Ralph. 2008. Relative Feed Value (RFV) vs. Relative Forage Quality (RFQ). Cumberland Valley Analytical Services, Inc., Hagerstown. En línea: http://www.foragelab.com/Media/RFV_vs_RFQ-CVAS%20Perspective.pdf
- Wheeler** Robert A. William R.Chaney Keith D.Johnson Larry G.Butler. 1996. *Leucaena* forage analysis using near infrared reflectance spectroscopy. Animal Feed Science and Technology. Volume 64, Issue 1, 10 December 1996, Pages 1-9

