

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CARRERAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE SUELOS – UNIDAD LAGUNA



Evaluación de adaptabilidad, rendimiento y calidad de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en la Comarca Lagunera

Por:

OMAR MORENO REYES

MEMORIA DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Torreón, Coahuila, México
Diciembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CARRERAS AGRONOMICAS

DEPARTAMENTO DE SUELOS

Evaluación de adaptabilidad, rendimiento y calidad de híbridos de maíz (*Zea
mays* L.) en la Comarca Lagunera

Por:

OMAR MORENO REYES

MEMORIA DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN


DR. ALAIN BUENDÍA GARCÍA
Asesor Principal

Aprobada por:


DR. JESÚS LUNA ANGUIANO
Co-Asesor


DR. MIGUEL ÁNGEL URBINA
MARTÍNEZ
Vocal


MC. JOSÉ GUADALUPE
GONZÁLEZ QUIRINO
Suplente


DR. ISAIÁS DE LA CRUZ ÁLVAREZ
Coord. Interino de la División Regional de Ciencias Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Diciembre de 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CARRERAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE SUELOS

Evaluación de adaptabilidad, rendimiento y calidad de híbridos de maíz (*Zea
mays* L.) en la Comarca Lagunera

Por:

OMAR MORENO REYES

MEMORIA DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada por el Comité Asesoría:



DR. ALAIN BUENDÍA GARCÍA
Asesor Principal



DR. JESÚS LUNA ANGUIANO
Co-Asesor



DR. MIGUEL ÁNGEL URBINA
MARTÍNEZ
Vocal



MC. JOSÉ GUADALUPE
GONZÁLEZ QUIRINO
Suplente



DR. ISAIAS DE LA CRUZ ALVAREZ
Coord. Interino de la División Regional de Ciencias Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Diciembre de 2019



AGRADECIMIENTOS

A Dios, antes que a todo, por darme la vida y la oportunidad de concluir mis estudios profesionales, además de darme fuerza para seguir superándome.

A mis padres. Bernardino Filiberto Moreno Bover y Carmen Reyes Grijalva, por la enseñanza, valores y educación; que me dieron desde el primer momento en que nací, hasta lo que ahora me he convertido y que al final rindieron frutos.

A mis hermanos: Francisca, Araceli, Gustavo y Benito, por ser junto con mis papás la mejor familia del mundo, y depositar su confianza en mí y apoyarme incondicionalmente en todo.

A mi Alma mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi casa de estudios donde me forme personal y profesionalmente.

A mis asesores, Dr. Alain Buendía García, por el apoyo recibido para este trabajo y su gran amistad.

Al Dr. Jesús Luna Anguiano, por hacer posible que este trabajo saliera de la mejor manera y su tiempo dedicado hacia mí.

Al Dr. Miguel Ángel Urbina Martínez y MC. José Guadalupe González Quirino y a todos y cada uno de mis profesores que durante la carrera me proporcionaron los conocimientos y herramientas necesarias para lograr mi formación profesional.

A la Sociedad Cooperativa Agropecuaria de la Comarca Lagunera, por ser la empresa donde actualmente me desarrollo profesional y ética desde el primer día que egresé y que me ha permitido concluir este logro más en mi carrera.

A mi amigo y compadre Miguel Ángel Alcántara Delgado, que es el mejor lagunero que he conocido y desde el momento que inicio mi camino por esta ciudad tuve el respaldo de él y las puertas abiertas de su hogar.

A mi sobrino Darío Sánchez Moreno, que ha sido mi compañero de travesía desde que era niño y hasta la actualidad en esta ciudad que nos ha recibido a los dos como nuevos residentes de ella. (Nuevos Laguneros).

Al MVZ Manuel Esquivel Limones, por ser mi gran amigo y maestro de la Rondalla de la UAAAN, a quien aprecio por toda la ayuda prestada en mi estancia dentro de ella.

DEDICATORIA

A Dios: por la oportunidad que me dio de vivir y lograr una de mis metas que me había propuesto en la vida.

A mis padres: Sr. Bernardino Filiberto Moreno Bover y Doña Carmen Reyes Grijalva. Por regalarme lo más preciado de la vida, por su esfuerzo y apoyo incondicional para formarme como profesionista, que con su amor, cariño y confianza he logrado alcanzar un objetivo más en mi vida, mil gracias.

A mis hermanos: Francisca Moreno Reyes, Araceli Moreno Reyes, Benito Moreno Reyes, Gustavo Moreno Reyes y Darío Sánchez Moreno, por todo el cariño y respeto por el apoyo que me brindaron para seguir adelante en mi formación profesional.

RESUMEN

El objetivo principal del trabajo de memoria de experiencias profesionales, es concentrar la información de las parcelas demostrativas de desarrollo a los largo de mi carrera profesional en el cultivo de maíz (*Zea mays*).

Este cultivo en la Comarca Lagunera ocupa un lugar importante para el consumo del ganado lechero con un aproximado de 25,784 has en el ciclo agrícola primavera-verano 2018, y dicho trabajo se realizó en la P.P. Hormiguero ubicado en el municipio de Matamoros, Coahuila, Mex. Apartir del año 2013 y hasta el ciclo primavera del año 2019.

Dicho trabajo se realizó se ha realizado a través de 7 años consecutivamente, el cual desde que inicio se tomaron datos de rendimiento (ton ha^{-1} , ton MS/ha^{-1} , y %MS) y de calidad bromatológica (ENL Energia Neta de Lactancia, % de Almidon y Lt/TonMS litros de leche por tonelada de materia seca) para este trabajo se realizaron diferentes fertilizaciones en base al tipo de estas, con fertilizantes convencionales, fertilizantes de liberación lenta y de liberación controlada en diferentes dosis de aplicación.

Palabras clave:

Maíz (*Zea mays* L), Fertilizante, Rendimiento, Calidad Bromatologica

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	3
OBJETIVO ESPECIFICO	3
REVISION DE LITERATURA	4
Generalidades del cultivo	4
Origen del maíz.....	4
Descripción botánica y morfológica	5
Maíz forrajero	5
Importancia del cultivo de maíz forrajero	6
Características de una planta de maíz forrajera ideal	8
Productividad del maíz para forraje	9
Calidad nutricional del maíz	9
Factores que determinan la producción y calidad nutricional del maíz. 10	
Factores climáticos.....	10
Temperatura.....	10
Radiación.....	10
Viento.....	10
Fotoperiodo.....	11
Precipitación.....	11
Factores edáficos	11
Factores genéticos.....	11
Densidad de población	12
Parámetros de la calidad del forraje	12
Contenido de fibras.....	12
Fibra neutra detergente (FND)	12

Fibra detergente ácida.....	13
Energía neta de lactancia (NE ₁).....	15
Materia seca.....	16
Calidad de alimento.....	16
Alternativas de alimentos para el silo de maíz forrajero	17
Cosecha óptima de maíz para ensilado	18
Cosecha óptima del maíz con rastrojo y grano	18
Efecto del nitrógeno en las plantas	19
Síntomas de deficiencias de nitrógeno en maíz forrajero	19
Perdida del Nitrógeno	20
Eficiencia en el uso del Nitrógeno (EUN)	20
MATERIALES Y MÉTODOS	22
Ubicación geográfica.....	22
Aspectos climatológicos del sitio del experimento	23
Clima.....	23
Suelo.....	23
Humedad Relativa	23
La humedad relativa tiende a variar según la estación del año: en primavera es de 28.34%, verano 41.45%, otoño 47.34% e invierno 39.96% (Cuadro 8).....	23
Hidrología.....	26
Localización del sitio experimental	27
Material genético	28
Parcela experimental	43
CONCLUSIONES.....	44
REVISIÓN DE LITERATURA	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición morfológica del forraje de híbridos de maíz forrajero.....	6
Figura 2. Dinámica de la superficie de los cultivos forrajeros en la región Lagunera a través de los años.	8
Figura 3. Energía de las partes vegetales (planta) y del grano del forraje de híbridos de maíz.	15
Figura 4. Mapa del sitio del experimento en el municipio de Matamoros, Coahuila.	22
Figura 5. Ubicación geográfica de predio donde se realizaron los trabajos.....	27
Figura 1. Rendimiento de toneladas por hectárea en el año 2013.....	29
Gráfica 4 Análisis de calidad bromatológica para el año 2015.....	34
Gráfica 5 Comparación de dos tratamientos de fertilización convencional vs liberación controlada en rendimiento por hectárea.....	35
Gráfica 6 Comparación de calidad bromatológica con dos tratamientos de fertilización diferente.	36
Gráfica 7 Comparación de rendimiento de producción en el año 2017, incluyendo nuevo materiales de híbridos de maíz	37
Gráfica 8. Análisis de calidad bromatológico en dicho año, donde se agregan otros híbridos de maíz nuevos.....	38
Gráfica 9. Parcela demostrativa de rendimiento en 2018.....	39
Figura 10. Comparación de híbridos de maíz en calidad bromatológica en diferentes fuentes de fertilizantes.....	40
Gráfica 11 Rendimiento de maíces con diferentes fertilizaciones y tratamiento a semilla .	41
Figura 12. Calidad bromatológica en 2019 con diferentes fertilizaciones y tratamiento a semilla	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Forrajes de importancia económica en la Comarca Lagunera. ..	7
Cuadro 2 Factores que afectan la producción y la calidad nutricional del maíz forrajero.....	12
Cuadro 3 Clasificación de los forrajes dependiendo de los porcentajes de fibra detergente neutra y fibra detergente ácida.	14
Cuadro 4 Calidad de los forrajes de acuerdo al contenido de fibras.	14
Cuadro 5 Parámetros de calidad de forrajes de maíz.	15
Cuadro 6 Característica nutricional del ensilado de maíz forrajero.	17
Cuadro 7 Costos de alimentos alternativos usados en la alimentación del ganado lechero (\$).	17
Cuadro 8 Promedio de temperaturas máximas, mínimas, medias, precipitación pluvial (PP) y humedad relativa (HR) de los meses de abril a octubre 2007 a 2015 en la Región Lagunera.....	24
Cuadro 9 Parcela demostrativa homriguero 2013.....	28
Cuadro 10 Parcela demostrativa homriguero 2014.....	29
Cuadro 11 Parcela demostrativa homriguero 2015.....	31
Cuadro 12 Parcela demostrativa en 2015 de calidad bromatológica.....	33
Cuadro 13 Parcela demostrativa hormiguero 2016.....	34
Cuadro 14 Parcela demostrativa de calidad bromatológica con dos tratamientos diferentes de fertilización.....	36
Cuadro 15 Parcela demostrativa homriguero 2017.....	37
Cuadro 16 Parcela demostrativa de 2017 de calidad bromatológica con nuevos híbridos de maíz.....	38
Cuadro 17 Parcela demostrativa hormiguero 2018.....	39
Cuadro 18 Parcela demostrativa de 2018 de calidad bromatológica con nuevos híbridos de maíz.....	39
Cuadro 19 Parcela demostrativa hormiguero 2019.....	41
Cuadro 20 Parcela demostrativa de 2019 de calidad bromatológica con nuevos híbridos de maíz.....	42

INTRODUCCIÓN

Se espera que la población mundial se incremente en más de 40% en los próximos 40-45 años, pasando de los actuales 6.6 billones de personas a 9.4 billones en el año 2050, U.S. (Census y Bureau., 2006). En estas condiciones, será necesario incrementar el rendimiento de los cultivos y la eficiencia de la producción para lograr llenar en constante incremento la demanda de alimentos para una población en crecimiento, generalmente con mayor poder adquisitivo.

Por ejemplo, se ha estimado que los sistemas de producción de maíz en los Estados Unidos y de arroz en Asia estaban funcionando a un 40-65% del potencial de rendimiento obtenible, y que se necesita un incremento hasta 70-80% del potencial del rendimiento para lograr satisfacer las demandas de alimentos de los próximos 30 años (Dobermann y Cassman.,2002).

Actualmente, en México se realizan investigaciones con la aplicación de diferentes métodos científicos, los cuales se basan en generar la tecnología de producción de maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional en diferentes tipos de ambientes.

La Comarca Lagunera es la cuenca lechera más importante y tecnificada del país ya que se producen más de 2,433 millones de leche al año, que representa el 20% del total nacional (SIAP., 2018), colocando a la región como el primer lugar de producción de leche y el primer lugar nacional y primer lugar en la producción de forraje con irrigación del país (S.E., 2012).

En La Laguna existen casi 500 mil cabezas de ganado bovino lechero concentrados en una área menor a 55 km² entre los estados de Coahuila y Durango (Chávez *et al.*, 2018). Para satisfacer parcialmente la gran demanda de alimentos que el hato genera, en el ciclo agrícola 2018, de acuerdo con cifras de la Delegación Regional de SAGARPA, se establecieron 39,678 hectáreas de maíz forrajero (16,000 ha de riego por gravedad y 23,661 ha por bombeo) que son destinadas a la alimentación del GBL, debido principalmente a su potencial de rendimiento de materia seca (MS) y como fuente de energía (grano) y fibra (Rodríguez., 2010).

El maíz forrajero presenta un potencial de rendimiento en la región de entre 22 y 24 ton por ha de MS (Cueto et al., 2006) cuando las necesidades bióticas y

abióticas del cultivo son las adecuadas, se establecen en dos ciclos, primavera y verano con rendimiento superior a 55 ton por ha de forraje verde (FV) cuando se cosecha con aproximadamente 33% de MS.

La importancia del silo de maíz se basa en parámetros bromatológicos tales como: porcentaje de materia seca (M.S.), fibra neutra detergente (FND), fibra detergente acida (FDA), proteína cruda (P.C.), almidón, entre otros; y que a su vez se refleja en costos, desde la preparación del terreno hasta la cosecha del mismo, además que también se utilizan productos anexos al silo como maíz rolado y semilla de algodón, que tienen como objetivo primordial elevar el nivel de almidón y que se refleja en mayor cantidad de materia seca (M.S.), y por ende a niveles altos de almidón; mayor cantidad de materia seca y mayor producción de leche por tonelada de materia seca.

OBJETIVOS

OBJETIVO ESPECIFICO

Evaluar la adaptabilidad de híbridos de maíz forrajeros para la Comarca Lagunera en base a su calidad nutricional y 7 años de producción.

REVISION DE LITERATURA

Generalidades del cultivo

Debido a sus propiedades cualitativas, su uso en la producción de proteína animal, el consumo humano e industrial, el maíz (*Zea mays* L) se ha convertido en uno de los productos más importantes del mundo debido a su relevancia económica y social. De acuerdo con el reporte de perspectivas agrícolas, del total del maíz cultivado en México, el 51.5% se destina consumo humano y el restante para la alimentación animal, principalmente de bovinos lecheros y bovinos para carne (DIEES., 2016).

El estado de Jalisco fue el principal productor de maíz forrajero con una superficie de 2017,299 has y un rendimiento promedio (RP) de 22.5 ton ha⁻¹, el estado de Zacatecas ocupó el segundo lugar con 112,886 has y un RP de 20.22 ton ha⁻¹, el tercero, cuarto y quinto lugar fueron los estados de Durango con 64,920 has y RP de 37.1 ton ha⁻¹, Aguascalientes 61,902 has y RP de 23.1 ton ha⁻¹ y Chihuahua con 44,446 has y RP de 16.71 ton ha⁻¹ respectivamente (SIAP., 2018).

En la Comarca Lagunera, cuando las condiciones bióticas y abióticas son las adecuadas, el maíz forrajero presenta un potencial de rendimiento que fluctúa entre 22 y 24 ton ha⁻¹ de Materia Seca (MS) y se estima que la remoción de N por ciclo de cultivo varía entre 245 y 270 kg ha⁻¹ (Cueto *et al.*, 2006). Adicionalmente, de acuerdo con estimaciones recientes para la Comarca Lagunera, anualmente se generan 925,000 toneladas de estiércol en base a materia seca, con un contenido promedio de N de 1.6% con base a peso seco, equivalentes a 14,800 ton de N al año (Figuroa, *et al.*, 2010).

Origen del maíz

El cultivo de maíz tuvo su origen, con toda probabilidad en América, especialmente en México, donde se difundió hacia todo el continente. La evidencia más antigua del maíz, data de unos 7,000 años de antigüedad, siendo encontrado por los arqueólogos en el Valle de Tehuacán (Puebla, México). Sin embargo es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en el resto de América (FAO., 2000).

Descripción botánica y morfológica

El maíz es una planta anual con gran desarrollo vegetativo, que se puede describir como un sistema metabólico cuyo producto final es fundamentalmente almidón, depositado en órganos especializados, los granos.

El desarrollo de la planta se puede dividir en dos fases fisiológicas, en la primera fase vegetativa se desarrollan y diferencian distintos tejidos hasta que aparecen las estructuras florales, esta fase vegetativa consta de dos ciclos.

En el primero se forman las primeras hojas y el desarrollo es ascendente; la producción de materia seca es lenta y finaliza con la diferenciación tisular de los órganos de reproducción. En el segundo ciclo se desarrollan por completo las hojas órganos de reproducción y termina con la emisión de estigmas. La segunda fase, llamada fase de reproducción, inicia con la fertilización de las estructuras femeninas que se diferenciarán en espigas y granos. La etapa inicial de esta fase se caracteriza por el incremento de peso de hojas y otras partes de la flor, durante la segunda etapa aumentan con rapidez, alcanzando su madurez fisiológica cuando el grano termina su completo desarrollo (Reyes., 1999).

Maíz forrajero

La planta del maíz es un excelente forraje para el ganado. Produce, en promedio, más materia seca y nutrimentos digestibles por unidad de superficie que otros forrajes, en ambientes templados es comúnmente usada para hacer ensilaje. Por otro lado, en los trópicos la planta de maíz es usada como forraje en varios estadios de su desarrollo. Muy a menudo, el maíz es considerado un cultivo de doble propósito, para forraje y para grano (Perry., 2000).

Marvin *et al.*, (1999) examinaron la composición de las paredes celulares y el contenido de fibra del tallo de maíz en relación a la digestibilidad del forraje. Los parámetros útiles para un buen forraje de maíz son: las proteínas crudas, el contenido de fibra, la materia digestible total, los nutrimentos digestibles totales y un bajo contenido de lignina.

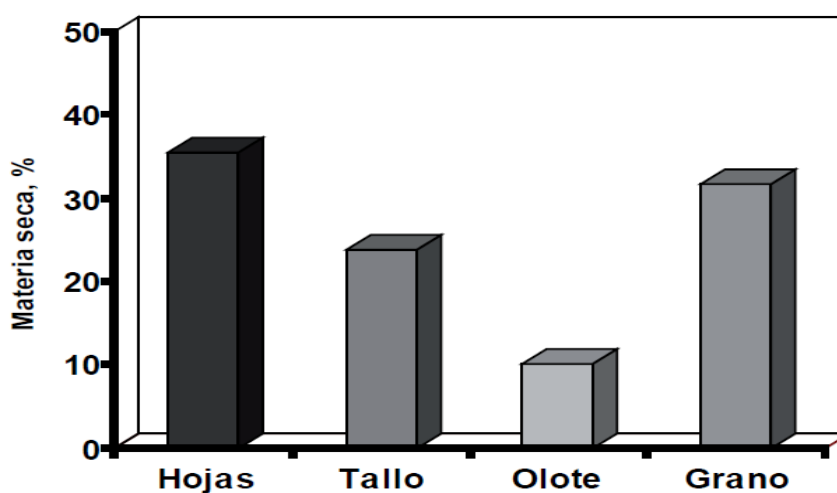
Se señaló que los principales objetivos en el mejoramiento del maíz para forraje son incrementar el rendimiento de energía metabolizable por unidad de

superficie cultivada y mejorar en contenido de energía del forraje. Sugirieron que la selección para un alto rendimiento de materia seca es la forma más eficiente de mejorar indirectamente el rendimiento de energía metabolizable (Geiger *et al.*, 1999).

Los forrajes son importantes en la alimentación de los rumiantes. En el caso del ganado lechero con alta producción de leche, se utilizan altas cantidades de grano, subproductos agroindustriales y productos especializados. Los forrajes solo contribuyen con 40-60 % del consumo de materia seca en vacas en producción, aun así contribuyen con cerca del 50 % de la proteína y la energía neta de lactancia, 80 % de la fibra detergente neutro, así como con 50 % del calcio y más del 95 % del potasio en las raciones (Chase., 2006).

El maíz forrajero está constituido por grano (32 %), hojas (34 %), tallos (24 %) y olote (11 %; Figura). El grano es el componente más digestible (80-90 %), por lo que se debe producir maíz forrajero con mayor contenido de grano, ya que los otros componentes tienen menores digestibilidades (55-75 %) (Núñez., 2005).

Figura 1. Composición morfológica del forraje de híbridos de maíz forrajero.



Importancia del cultivo de maíz forrajero

En la Comarca Lagunera el maíz forrajero ocupa un lugar importante dentro del patrón de los cultivos por el alto rendimiento energético que aporta a las raciones

para el ganado bovino lechero. Actualmente la producción promedio de forraje de maíz por hectárea es de 51 toneladas de forraje fresco y 15 toneladas de forraje seco. El empleo de maíz en la alimentación animal tiene una gran versatilidad, puesto que puede ser consumido en verde, ensilado, seco (heno o rastrojo) o como grano (Reta *et al.*, 2002).

En el año 2003 se sembraron en la región Lagunera un total de 21,736 hectáreas de maíz forrajero de las cuales 14,380 fueron de bombeo y, 7,356 con riego por gravedad proveniente de las presas que abastecen a la región, durante el ciclo primavera-verano; obteniendo una producción de 954,882 toneladas con un valor de 200 millones 525 mil 22^o pesos (SAGARPA., 2003).

En cambio para el año 2011 se sembraron en la Comarca Lagunera un total de 4,591 hectáreas sembradas con riego por gravedad con una producción de 221,626 toneladas y por bombeo fueron alrededor de 8,707 hectáreas con una producción de 400,456 toneladas, a lo que se resume en una producción total de 622,082 toneladas y con un valor estimado 298 millones 599 mil 360 pesos (SAGARPA., 2011).

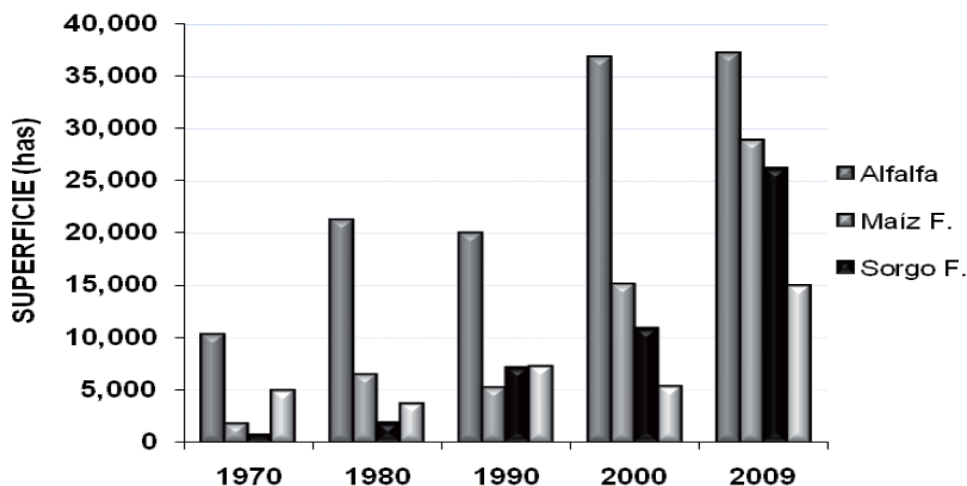
Cuadro 1. Forrajes de importancia económica en la Comarca Lagunera.

AÑO AGRÍCOLA 2016 COMARCA LAGUNERA						
RIEGO-TEMPORAL						
Situación al 31 de Marzo de 2017				Laguna Coahuila - Durango		
DISTRITO	CULTIVO	SUPERFICIE (ha)			PRODUCCIÓN (ton)	RENDIMIENTO (ton/ha)
		Sembrada	Siniestrada	Cosecha		
Comarca Lagunera	Algodón Hueso	10953	141	10811	51810	9561
	Avena Forrajera en verde	18988	153	18835	690322	73862
	Maíz Forrajero en verde	50998	170	50828	2316064	90438
	Sorgo Forrajero en verde	7088	70	7108	321342	89930
	Trigo	498	21	477	797	6820
	Alfalfa	39773		35518	548270	15436

Los ensilados en México, por lo general tiene un valor energético alrededor de 1.4 Mcal de energía neta de lactancia por kilogramo de materia seca, el cual es bajo si se compara con silos de Estados Unidos de Norte América, lo anterior es debido a que anteriormente el principal objetivo era el rendimiento por unidad de

superficie. Debido a esto es fundamental la selección de híbridos ricos en su contenido nutricional pero sin dejar de lado el rendimiento (Chalupa., 1995).

Figura 2. Dinámica de la superficie de los cultivos forrajeros en la región Lagunera a través de los años.



Una cualidad sobresaliente del maíz forrajero es su eficiencia en uso de agua, lo que lo hace ser un importante componente del patrón de forrajes en la Comarca Lagunera. Además este cultivo sembrado temprano en primavera y cosechando oportunamente permite una segunda siembra en el mismo terreno durante el verano, lo que es deseable en explotaciones que requieren hacer un uso intensivo del suelo. El maíz también puede ser una buena opción para utilizarse como cultivo de rotación en terrenos con problemas de enfermedades radiculares como pudrición texana y verticillium (Reta *et al.*, 2002).

Características de una planta de maíz forrajera ideal

Las características del híbrido ideal de maíz forrajero debe ser de alta producción de materia seca, índice de cosecha, estabilidad, contenido de carbohidratos, proteínas, digestibilidad y consumo de materia seca así como producción de materia seca digestible (Pinter., 1998).

En México existe poca información acerca de la clasificación de la calidad del maíz para forraje. Una clasificación de los materiales de maíz para forraje considera como criterios la concentración de fibra (FND y FAD), la energía neta lactancia (ENL) el almidón y la digestibilidad *in Vitro* de la materia seca, por lo tanto un maíz para ensilado de alto valor nutritivo debe tener baja concentración de fibra, alta digestibilidad y mayor contenido de energía (Herrera., 1999).

Productividad del maíz para forraje

La producción de forraje y de grano tiende a incrementarse conforme aumenta el ciclo vegetativo del híbrido. Así mismo, se observa que conforme aumenta la densidad de plantas en híbridos de ciclo tardío se incrementa la producción de forraje y rendimiento de grano (Robles., 1990). Los genotipos de ciclos tardíos por lo general tienen más producción de materia seca asociada con el índice de área foliar y duración del área verde de la hoja. Es recomendable el uso de híbridos de ciclo ligeramente tardío para ensilado, de tal manera que el cultivo pueda ser cosechado con humedad adecuada y para garantizar un óptima conservación (Coors., 1994).

Calidad nutricional del maíz

El valor nutritivo de un forraje es una expresión potencial del animal para producir, el cual está integrado por el consumo de alimento eficiencia energética y digestibilidad. La digestibilidad se considera la medida más cercana a la determinación del valor nutritivo (Van Soest., 1994). La digestibilidad es una medición de uso común para conocer la utilización de los nutrientes, alimentos o dietas, permite conocer el grado de aprovechamiento de un alimento por el animal. El valor usualmente utilizado es el coeficiente de digestibilidad aparente expresado como % de la MS (Castellanos *et al.*, 1990). La digestibilidad de la materia se relaciona positivamente con el % de mazorca (forma sencilla de expresar el contenido de grano), y negativamente con las concentraciones de fibra detergente neutro (FDN) fibra detergente acida (FDA) y lignina (Herrera., 1998).

Existe una relación inversa entre la calidad y productividad del forraje. Los altos rendimientos de forraje usualmente van acompañados por una disminución en la calidad del mismo; de tal manera, factores que disminuyen la producción del forraje incrementan su calidad (Medina., 1997).

Factores que determinan la producción y calidad nutricional del maíz.

Factores climáticos

Los principales factores que afectan el rendimiento y la calidad del maíz son: temperatura, radiación, viento, fotoperiodo y precipitación.

Temperatura

Si el maíz sufre temperaturas bajas durante la formación del grano, la actividad fotosintética disminuye rápidamente y el rendimiento de la planta disminuye de un 25 a un 27% de materia seca, lo que afecta la calidad del ensilado. Las altas temperaturas después del desarrollo, incrementan la producción de materia seca y tienden a reducir la digestibilidad de la parte vegetativa de la planta (planta sin mazorca) a causa del incremento del contenido de las paredes celulares.

Radiación

La radiación solar y humedad relativa tienen un efecto en la actividad metabólica de las plantas influyendo en la concentración de azúcares libres y en los contenidos de los componentes de la pared celular (FDN y FDA), (Herrera., 1999).

Viento

La velocidad del viento afecta el comportamiento de los forrajes, a mayor viento más evaporación aumentando el requerimiento de agua por las plantas, especialmente si esto ocurre durante la polinización y llenado de grano (Herrera, 1990).

Fotoperiodo

El maíz se considera una planta de fotoperiodo corto (Reyes., 1990). La variación estacional de la luz afecta la calidad del forraje. El forraje cosechado en primavera, así como al final del verano o en el otoño, tiene mayor contenido de hojas y proteína, que el producido en verano, considerando que todos tienen el mismo estado de madurez. Una disminución de 30 a 40% en la intensidad de la luz produce un retraso en la madurez de 5 a 6 días, (Llanos., 1984).

Precipitación

Los climas lluviosos, cálidos y húmedos favorecen la lignificación de la planta y reduce la digestibilidad. La precipitación puede disminuir considerablemente la calidad del forraje al romper y destruir las hojas (una vez cortado), lixiviar los nutrientes y prolongar la respiración (Van Soest., 1998).

Factores edáficos

(Robles., 1990) menciona que el suelo es importante por su textura, estructura, contenido de elementos orgánicos e inorgánicos como fuente de nutrientes, humedad, aireación, temperatura, conductividad eléctrica y su capacidad de intercambio catiónico. Estos factores están relacionados con la capacidad del suelo para proveer a las plantas las condiciones necesarias para crecer, producir calidad y cantidad de forraje esperada (Núñez., 1993).

Factores genéticos

El genotipo es el material que constituye a un individuo, compuesto de numerosas subunidades llamadas genes, posee propiedades físicas y químicas específicas que determinan la naturaleza del fenotipo. Esta definición de genotipo incluye tanto a híbridos y variedades cuando se habla de un cultivo determinado, sin hacer distinción alguna entre ambos. Una gran diversidad de estudios experimentales en maíz para forraje demuestran diferencias entre genotipos en producción y calidad (Robles., 1990).

Densidad de población

Resultados de investigación en 2000 y 2001, indican que el uso de genotipos tolerantes a altas densidades de población (86 mil a 112 mil plantas por hectárea) y el uso de surcos estrechos permite obtener un incremento promedio en rendimiento de forraje seco de 17%, sin disminuir la calidad del forraje.

La calidad del forraje en este sistema de producción con surcos estrechos fue igual o superior al forraje obtenido en el sistema de producción tradicional. La buena calidad del forraje y mayor rendimiento de forraje seco, produjo una mayor producción de leche en el sistema de surcos estrechos respecto al sistema del productor (Reta *et al.*, 2002)

Cuadro 2. Factores que afectan la producción y la calidad nutricional del maíz forrajero.

Factor	MS ton ha ⁻¹	Digestibilidad %
Híbrido	8	10
Fecha de siembra	3	4
Densidad de plantas por ha	4	5
Riego	5	-
Estado de madurez	2	4

Parámetros de la calidad del forraje

Contenido de fibras

(Van Soest., 1998) define a la fibra como el material estructural en las plantas resistentes a la acción de las enzimas digestivas de los animales; que son digeridas por los microorganismos del rumen animal.

Fibra neutra detergente (FND)

Es la porción no soluble del forraje que contiene a la celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice y es mencionado comúnmente como la fracción de la pared celular, la fibra neutra detergente (FND) está en correlación negativa con el consumo de

materia seca, cuando mayor es la FND, el animal consume menos forraje (Herrera., 1999). La FND aumenta con el avance de madurez del forraje. Utilizando la FND se puede lograr una mejor predicción del consumo de forraje, por lo tanto, raciones mejor formuladas.

La parte soluble de FND está compuesta por lípidos, azúcares, ácidos orgánicos, proteínas, pectinas y otros minerales solubles en agua, que son completamente digeribles; la concentración de fibra en rastrojo de maíz es alta, como en la mayoría de las especies C₄ de climas calurosos (Buxton *et al.*, 1996). (Núñez, 2003) señala que el contenido de grano en el forraje la palatabilidad, el nivel de energía neta lactancia y el contenido de FDN en hojas y tallos con valores de 57 a 65 % y de 30 a 60 % del total, lo que indica que los híbridos con la misma concentración de fibra neutra detergente pueden tener valores de energía neta lactancia diferente debido a que la digestibilidad de FDN no es la misma.

Fibra detergente ácida

La fibra detergente ácida y la lignina son frecuentemente empleados con el propósito de valor energético de los forrajes (Van Soest, 1996) debido a que representan a los componentes menos digeribles de las paredes de la célula (Peña *et al.*, 2003). Cantú (2003) menciona que la fibra detergente ácida es la fracción de la pared celular del forraje más comúnmente aislada y reportada. Esto puede ser la determinación más importante del análisis del forraje.

Peña *et al.*, (2003) realizó estudios sobre la calidad de fibra detergente ácida en forrajes de maíz teniendo resultado y concluyendo que la variabilidad oscila entre 29.5 y 40.4 por ciento. Van Soest y Mertens., (1977) realizaron un estudio determinado que la fibra detergente ácida y la fibra detergente neutra están íntimamente relacionados con el consumo y digestibilidad del forraje y por consiguiente con la producción en los animales, a mayor contenido de fibra detergente neutra es menos consumo y a mayor contenido de fibra detergente ácida es menor la digestibilidad del forraje.

Cuadro 3. Clasificación de los forrajes dependiendo de los porcentajes de fibra detergente neutra y fibra detergente ácida.

Clasificación	Fibra detergente ácida %	Fibra detergente neutro %
Excelente	≤31	≤40
Bueno	31 - 35	40 - 46
Regular	36 - 40	47 - 53
Malo	41 - 42	54 - 60
Pésimo	43 - 45	61 - 65

Cuadro 4 Calidad de los forrajes de acuerdo al contenido de fibras.

Clasificación	Fibra detergente ácida %	Fibra detergente neutro %
Alta calidad	25 - 32	40 - 52
Baja calidad	≥ de 35	≥ de 60

La fracción de la pared celular que es aislada y reportada más frecuentemente, es la fibra ácido detergente (FAD) que es la pared del forraje que permanece después del tratamiento con una solución bajo en condiciones ácidas, e incluye celulosa, lignina y sílice. La fibra detergente ácida es muy importante ya que esta negativamente correlacionada con la digestibilidad de los forrajes. Al aumentar este tipo de fibra son menos digestivos. De esta forma, dos parámetros muy importantes en la formulación de las raciones, la digestibilidad y el consumo, pueden hacerse estimados tomando en cuenta la FAD y la FDN respectivamente.

Cuadro 5 Parámetros de calidad de forrajes de maíz.

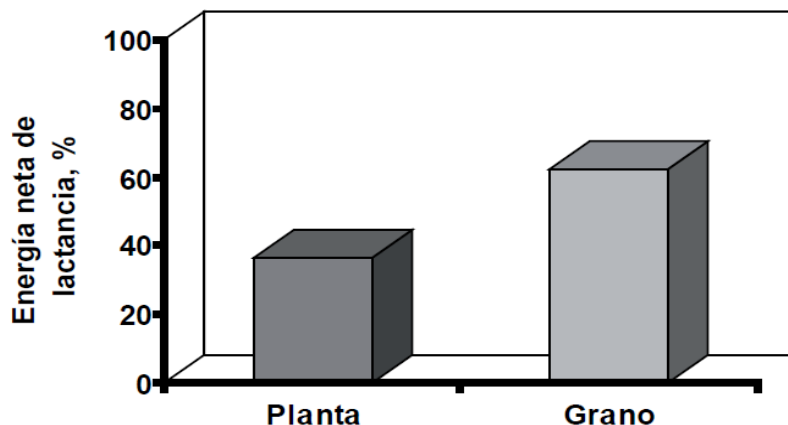
Concepto	Baja calidad	Alta calidad
FAD	≥ 35 %	25 - 35 %
FND	≥ 60 %	40 - 52 %
ENL	≤ 1.40 Mcal Kg ⁻¹	≥ 1.45 Mcal Kg ⁻¹
DMS	≤ 60 %	≥ 65 %

Energía neta de lactancia (NE_l)

La energía neta de lactancia es el término usado por el NRC (National Research Council) para estimar los requerimientos energéticos y los valores energéticos de los alimentos para las vacas lecheras. Por lo general se le expresa como mega-calorías por libra (Mcal lb⁻¹) o mega-calorías por kilogramo (Mcal Kg⁻¹). La NE_l del ensilaje de maíz es calculada a partir del FDA con la siguiente ecuación (Lozano, 2000).

$$NE_l = 1.044 - (0.024 * FDA)$$

Figura 3. Energía de las partes vegetales (planta) y del grano del forraje de híbridos de maíz.



Materia seca

El peso total de la materia seca producido por el maíz depende del tamaño y la eficiencia fotosintética. El tiempo efectivo de actividad fotosintética es la hoja continua y sobre esto la capacidad del almacenamiento de la materia seca (Bunting E.S., 2003).

Tollear., (1993) Realizo estudios fisiológicos indicando que existen diferencias entre los promedios de los genotipos y duración de la acumulación de la materia seca pero solo unos cuantos componentes del rendimiento han sido identificados por fisiólogos, teniendo que tomar en cuenta los aspectos fisiológicos en un programa de maíz de uso forrajero.

Calidad de alimento

El valor nutritivo del forraje para los rumiantes es determinado por la cantidad de materia seca consumida, esta digestibilidad y la eficiencia con cada nutriente digerido será convertido ya sea como carne o leche. Los costos de experimentos con animales para la calidad de los alimentos son altos, se han desarrollado otras técnicas de laboratorio como son las pruebas *in vitro* las cuales proporcionaran los parámetros de calidad de forraje a precios más económicos. (Buting, 2003). El forraje químicamente está compuesto de proteínas, azúcares y lípidos; los cuales se encuentran en el contenido celular y tienen de 90 a 100 % de digestibilidad; mientras que la celulosa, hemicelulosa y lignina componen la pared celular conocida generalmente como fibra con una digestibilidad de 40 a 70 % (Majewski *et al.*, 1998).

En general, se deben producir ensilados con concentración menor del 50 % de fibra detergente neutro, digestibilidad de la materia seca (MS) mayor de 70 %, digestibilidad de la FDN mayor de 50 % y energía neta de lactancia mayor de 1.5 Mcal kg⁻¹ de MS. En el Cuadro 6 se presentan las características nutricionales para diferentes clases de forrajes ensilados (Shaver., 2004).

Cuadro 6 Característica nutricional del ensilado de maíz forrajero.

Característica	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Proteína cruda (%)	> 18	15 - 18	12 - 15	8 - 12
FND (%)	< 40	40 - 50	50 - 60	> 60
Digestibilidad de la FDN (%)	> 60	> 50	40 - 50	< 40
Digestibilidad de la MS (%)	> 80	70 - 80	65 - 70	< 65
ENL Mcal kg ⁻¹ de MS	> 1.5	1.3 - 1.5	1.1 - 1.3	< 1.1

Alternativas de alimentos para el silo de maíz forrajero

Dentro de los beneficios de la producción de ensilados de alta calidad nutricional están la obtención de energía barata, más producción de leche por vaca y por hectárea con ensilados de alta calidad. Durante el 2007 y hasta finales del 2008, antes de que la crisis financiera de Estados Unidos se convirtiera en crisis económica mundial, los costos de la alimentación del ganado se incrementaron debido a los altos precios de los granos y oleaginosas (Núñez *et al.*, 2010).

Cuadro 7 Costos de alimentos alternativos usados en la alimentación del ganado lechero (\$).

Alimento	2006	2007	2008	2009	Incremento %
Maíz Rolado	1.84	2.63	3.25	3.25	76.60
Sorgo	1.57	2.30	2.78	2.85	81.50
Soya	2.85	3.24	4.54	5.58	105.3
Canola	1.96	2.62	3.49	4.05	136.8
Semilla de algodón	2.15	2.70	4.00	4.70	118.6
Salvado de maíz	1.60	2.30	2.78	2.85	78.1
Salvado de trigo	1.98	2.45	2.86	2.95	48.90

Cosecha óptima de maíz para ensilado

Kezar (1998) menciona que los escurrimientos del ensilado típicamente contienen 20% de componentes de nitrógeno, 25% de minerales y 55% de material orgánico, primeramente en la forma de ácidos orgánicos, o la mayor parte, es un material altamente digestible que no se debe perder. Así mismo si el ensilado de maíz es cosechado demasiado tarde, puede resultar en menos nutrientes digestibles totales por la mayor concentración de componentes de la pared celular.

La capa negra y la línea de leche, son los dos indicadores visuales, más confiables, que en forma práctica estiman en el campo la madurez fisiológica del maíz (Reyes., 1990). La línea de leche es la línea que se observa en los granos y marca el avance del endurecimiento por la maduración del grano dividiendo las zonas de almidón líquido a sólido (Núñez *et al.*, 1998)

El momento óptimo de cosecha y picado de la planta para ensilar puede variar en función tanto del híbrido como de las condiciones ambientales durante el desarrollo del cultivo, ya que esto no define el rendimiento de materia seca total por unidad de superficie sino que puede afectar a su vez el rendimiento en grano y valor nutritivo de la planta en general (Carrete *et al.*, 1997). Existe la limitante de que si se llega a retrasar la fecha de corte de cultivo, se disminuye el valor alimenticio del forraje resultante, debido a que el forraje va haciéndose menos digestible conforme aumenta la maduración.

Cosecha óptima del maíz con rastrojo y grano

En cualquier cultivo de maíz hay que distinguir la madurez fisiológica y la etapa de cosecha; la primera señal o indicio es cuando el grano termina su desarrollo completo, únicamente está en la planta perdiendo humedad, ya no crece, e incluso se puede caer de la planta o desgranar al cosecha cuando alcanza la madurez fisiológica, el grano germina, ya que tiene completamente formadas las estructuras de la semilla. La madurez de la cosecha es aquella en la cual la humedad en el grano es tal que llega a facilitar su cosecha sin dañar el grano, al quebrarse evitando que haya problemas en su transporte y almacenamiento, (Reyes., 1990).

Por otra parte Llanos (1984) menciona que el mejor momento para cosechar el grano es poco después de alcanzar el punto de madurez fisiológica, es decir cuando este alcanza un contenido de humedad del 30%.

Así mismo Carrete *et al* (1997) indica que la madurez y el momento óptimo de cosecha varía en función tanto del híbrido utilizado como de las condiciones ambientales durante la evolución del cultivo. Cuando se lleve a cabo la cosecha para grano automáticamente se obtienen el residuo de dicha cosecha conocido como rastrojo o esquilmo de maíz.

Efecto del nitrógeno en las plantas

El N llega a las raíces de las plantas por medio de “flujo de masas” ocasionado por un gradiente hídrico en el sistema suelo-planta-atmósfera. La planta puede absorber N tanto bajo forma de nitrato (NO_3^-) como de amonio (NH_4^+). Estos iones llegan primero al espacio libre de la raíz para posteriormente atravesar las membranas entrando en las células vegetales. La absorción de nitrato se realiza contra un gradiente electroquímico, implicando por lo tanto un gasto de energía metabólica (ATP). La absorción de amonio se realiza a través de mecanismos pasivos, sin gasto de energía para la planta, (Uhart *et al.*, 1998).

La principal fuente de N para las plantas es la materia orgánica del suelo, a partir de la cual se genera el amonio y el nitrato. El nitrito a su vez absorbido es reducido con gasto de energía proveniente de la fotosíntesis. El amonio no necesita ser reducido y es incorporado rápidamente a aminos y amidas dado que no puede ser almacenado porque es tóxico para la planta. Bajo condiciones de baja irradiación, la absorción y reducción del N y la fijación y reducción del carbono pueden entrar en competencia por la energía disponible (Uhart *et al.*, 1998).

Síntomas de deficiencias de nitrógeno en maíz forrajero

El maíz es un cultivo sensible a la deficiencia de nitrógeno, cuando este no se presenta, las plantas se retrasan en el crecimiento y forman mazorcas pequeñas. A su vez, las mazorcas afectadas tienen pocos y pequeños granos. Se ha

observado que el crecimiento de las plantas jóvenes se reduce drásticamente, aun con deficiencias leves de este nutriente. El N es móvil en la planta y en el suelo con baja disponibilidad se mueve fácilmente de las hojas viejas a las más jóvenes. (Sharma et al., 2017).

Los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas viejas, en las plantas adultas, los síntomas pueden aparecer simultáneamente en las hojas jóvenes, que presentarán un color verde claro, en las hojas medias, van de amarillo claro a café claro; y en las hojas más viejas, las cuales posteriormente se secan de manera inusual.

Perdida del Nitrógeno

Algunos procesos como la volatilización del amoníaco (NH_3), en la cual el N gaseoso se pierde en la atmosfera y la emisión de productos de la desnitrificación (N_2 , N_2O) pueden reducir el contenido de nitrógeno en el suelo. En caso de exceso de humedad, el nitrógeno mineral particularmente el NO_3 puede lixiviarse través del suelo por infiltración y flujo de agua pudiendo llegar y contaminar mantos freáticos (Verhulst et al., 2015). Varios estudios aseguran que la lixiviación de N-NO_3 en regiones agrícolas puede llegar hasta un 40%. Se puede asegurar entonces, que el aumento de nitratos en cuerpos de agua superficial y subterránea casi siempre es debido, a las aplicaciones de altas dosis de N que superan las necesidades de los cultivos. (INTAGRI, 2017).

La perdida por lixiviación puede ser importante cuando la dosis de fertilizantes nitrogenados se encuentra por encima de los requerimientos del cultivo o cuando la oferta de nitratos y demanda del cultivo están desfasadas en tiempo.

Eficiencia en el uso del Nitrógeno (EUN)

Unas de las definiciones establece que la EUN es la proporción de rendimiento del grano y forraje por unidad de nitrógeno disponibles en el suelo, incluido el nitrógeno del residual (N-NO_3 y N-NH_4) presente y fertilizante o abono nitrogenado aplicado. Es decir, no todo el nitrógeno absorbido por la planta proviene

del abono nitrogenado aplicado. La EUN es una función de la estructura edáfica, condiciones climáticas, interacciones entre el suelo, procesos bacterianos y naturaleza de las fuentes de nitrógeno orgánicas e inorgánicas. Existen varios procesos como la pérdida de nitrógeno que no están incluidos en la fórmula para la EUN. La pérdida más importante en los sistemas de agricultura es la lixiviación de nitratos y volatilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

La Región Lagunera, se encuentra localizada en la parte central del norte de México y abarca 10 municipios del estado de Durango y cinco del estado de Coahuila (Figura 1). Debe su nombre a las anteriores trece lagunas existentes en el área, entre las que estaba la Laguna Mayrán, la más grande de América Latina que se alimentaba por los ríos Nazas y Aguanaval. Se encuentra ubicada entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' de Longitud Oeste y los paralelos 24° 22' y 26° 23' de Latitud Norte. La altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 m.

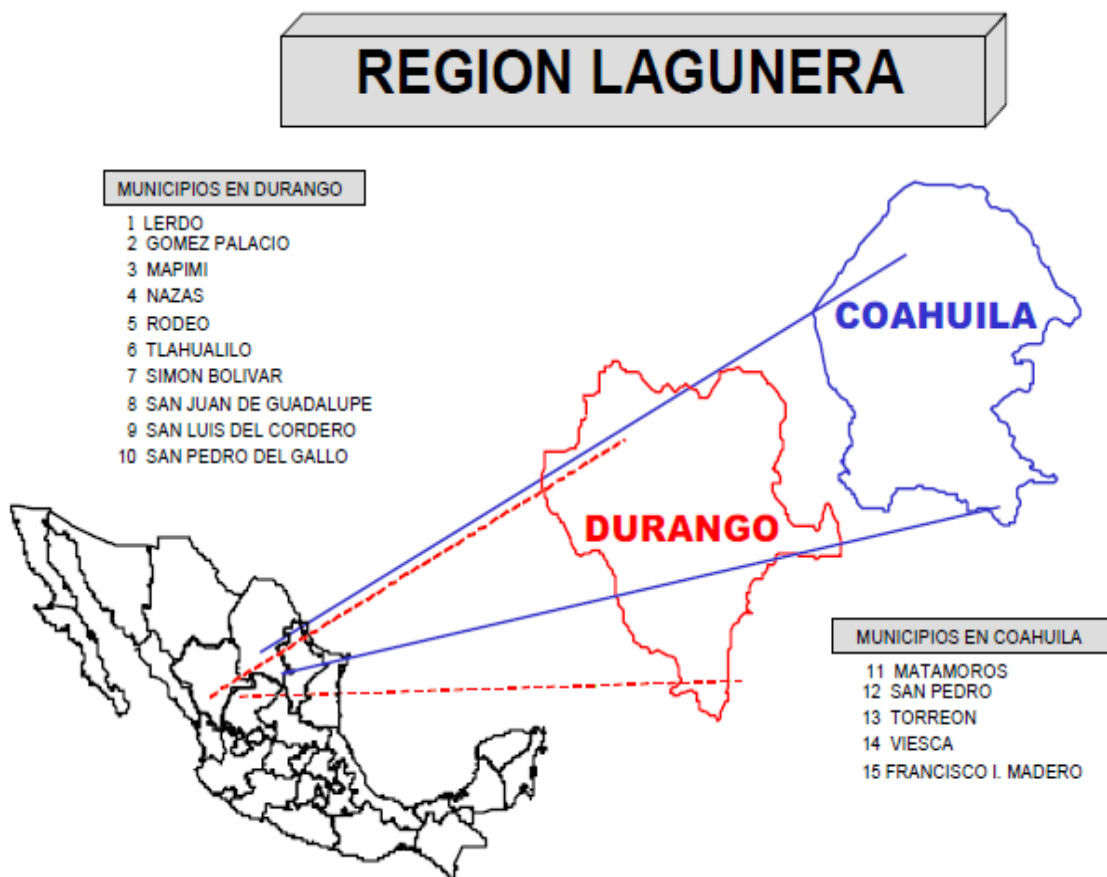


Figura 4. Mapa del sitio del experimento en el municipio de Matamoros, Coahuila.

Aspectos climatológicos del sitio del experimento

Clima

Los climas principales de acuerdo con Koppen, son de desértico, los cuales van desde muy secos a secos y de muy cálidos a templados. La variación especial de la temperatura y la precipitación determinan tres ambientes subtropicales, árido cálido, árido semicálido y árido templado (Medina et al, 1997), donde el área del distrito de riego 017 se ubica en el ambiente árido semicálido con temperatura media anual de 20.6°C. Aquí la precipitación anual varía de 150 a 250 mm y la evaporación potencial es de 2473 mm.

Suelo

Están comprendidos dentro del grupo Xerozem, de color café grisáceo con bajo contenido de materia orgánica. Predominan los suelos de textura migajón arcillo-arenosa y arcillosa con buena capacidad de retención de humedad e infiltración de agua; el pH fluctúa a 7.2 a 8.8 sin problemas de sodicidad (Romero, 1996).

Humedad Relativa.

La humedad relativa tiende a variar según la estación del año: en primavera es de 28.34%, verano 41.45%, otoño 47.34% e invierno 39.96% (Cuadro 8).

Cuadro 8 Promedio de temperaturas máximas, mínimas, medias, precipitación pluvial (PP) y humedad relativa (HR) de los meses de abril a octubre 2007 a 2015 en la Región Lagunera.

Mes	Máxima	Mínima	Media	PP (mm)	HR (%)
2007					
Abril	31.8	13.1	23.3	1.6	26.8
Mayo	33.7	17.7	26.1	2	31.7
Junio	34.0	20.5	27.2	52.8	46.2
Julio	33.0	20.1	26.3	68.4	54.8
Agosto	33.7	21.6	27.8	3.8	45.4
Septiembre	32.6	19.6	26.3	22.8	49.7
Octubre	30.0	13.0	21.9	0	37.4
2008					
Abril	32.3	13.7	23.8	0	19.96
Mayo	34.3	19.4	27.0	12.2	34.38
Junio	35.3	21.2	28.5	27	38.28
Julio	35.3	22.7	29.3	4.2	36.67
Agosto	33.6	20.9	27.6	36.2	43.67
Septiembre	30.1	18.3	24.0	31.4	62.42
Octubre	29.5	16.1	22.6	32	53.88
2009					
Abril	31.7	14.3	23.4	12.4	32.43
Mayo	35.4	18.1	27.3	13.8	28.84
Junio	35.6	21.7	28.8	50.4	38.68
Julio	32.1	21.2	26.4	102.2	58.5
Agosto	35.1	22.0	28.9	2.4	40.59
Septiembre	31.9	19.4	25.6	69.8	55.21
Octubre	30.2	11.6	21.2	0	38.68
2010					

Abril	35.1	15.0	25.8	0	16.01
Mayo	35.4	18.0	27.2	0.6	22.5
Junio	36.3	21.5	29.8	0	27.94
Julio	34.4	22.1	28.4	0.8	40.24
Agosto	35.9	22.7	29.7	6.4	34.07
Septiembre	33.2	18.3	26.4	1.2	35.77
Octubre	30.9	14.2	22.7	0	34.17

2011

Abril	33.6	16.3	25.5	0.6	23.37
Mayo	34.8	18.5	27.3	4.2	28.75
Junio	35.5	21.3	29.0	0.0	30.05
Julio	33.9	21.7	27.8	11.4	40.68
Agosto	35.0	22.0	28.8	6.0	36.40
Septiembre	31.1	18.2	24.9	76.4	49.89
Octubre	30.8	14.2	22.3	17.0	48.60

2012

Abril	32.8	13.3	23.8	0.0	22.42
Mayo	33.7	17.2	25.9	2.4	28.71
Junio	35.9	22.1	29.5	16.0	33.21
Julio	32.9	21.1	26.9	23.6	47.16
Agosto	33.7	21.1	27.8	40.2	38.97
Septiembre	30.9	19.3	24.8	73.6	56.68
Octubre	30.0	15.3	22.5	67.8	52.42

2013

Abril	32.4	14.4	23.9	0.0	21.56
Mayo	33.3	16.7	25.4	34.4	29.41
Junio	33.8	23.1	28.8	36.2	40.29
Julio	33.5	22.2	27.9	7.0	39.87
Agosto	33.7	21.2	27.7	18.6	42.62
Septiembre	31.4	19.6	25.3	54.2	52.49

Octubre	31.4	13.8	22.8	1.4	40.53
2014					
Abril	25.6	15.9	21.1	4.2	45.15
Mayo	32.2	20.0	27.1	6.6	31.40
Junio	30.0	21.1	25.2	8.0	54.96
Julio	30.4	22.6	26.1	47.6	47.51
Agosto	35.0	21.5	28.7	3.4	33.03
Septiembre	33.4	19.8	27.2	4.2	38.52
Octubre	30.3	15.9	23.3	13.0	46.82
2015					
Abril	25.6	15.9	21.1	4.2	45.15
Mayo	32.2	20.0	27.1	6.6	31.40
Junio	30.0	21.1	25.2	8.0	54.96
Julio	30.4	22.6	26.1	47.6	47.51
Agosto	35.0	21.5	28.7	3.4	33.03
Septiembre	33.4	19.8	27.2	4.2	38.52
Octubre	30.3	15.9	23.3	13.0	46.82

Fuente: Estación meteorológica del Campo Experimental La Laguna-INIFAP Matamoros Coah. PP: Precipitación pluvial; HR: humedad relativa.

Hidrología

La Región Lagunera es parte de la Región Hidrológica 36 y en ésta se encuentra ubicado el Distrito de Riego 017. Las fuentes de abastecimiento de agua en la región incluyen escurrimientos de los ríos Nazas, Aguanaval y del acuífero subterráneo. Las tres fuentes son importantes para la irrigación de los cultivos que se siembran durante el ciclo de primavera-verano. Los cultivos de invierno se riegan con agua de los acuíferos ya que no se cuenta con escurrimientos en los ríos en esta época del año.

La Región Hidrológica 36 cuenta con la presa de almacenamiento Lázaro Cárdenas, la cual tiene una capacidad de 2,872.92 millones de m³ y la presa derivadora Francisco Zarco con una capacidad de 309.24 millones de m³. Estas

presas abastecen al Distrito de Riego 017 el cual distribuye agua para irrigar anualmente 71,964 has de 38,010 usuarios. En el año 2013, la superficie agrícola regada fue de 31,721 ha con un volumen distribuido de 600,000 millones de m³ (CNA, 2014).

Localización del sitio experimental

El presente trabajo se realizó en 6 años consecutivamente, la primera etapa se manejó la evaluación agronómica de los materiales de híbridos de maíz, la cual se realizó en la Comarca Lagunera, en el municipio de Matamoros, Coah; en la pequeña propiedad de HORMIGUERO durante el ciclo agrícola primavera. Y la segunda etapa consistió en el análisis bromatológico de la calidad forrajera de los materiales en estudio, la cual se llevó a cabo en el laboratorio AGRO LAB MÉXICO S.A. de C.V.



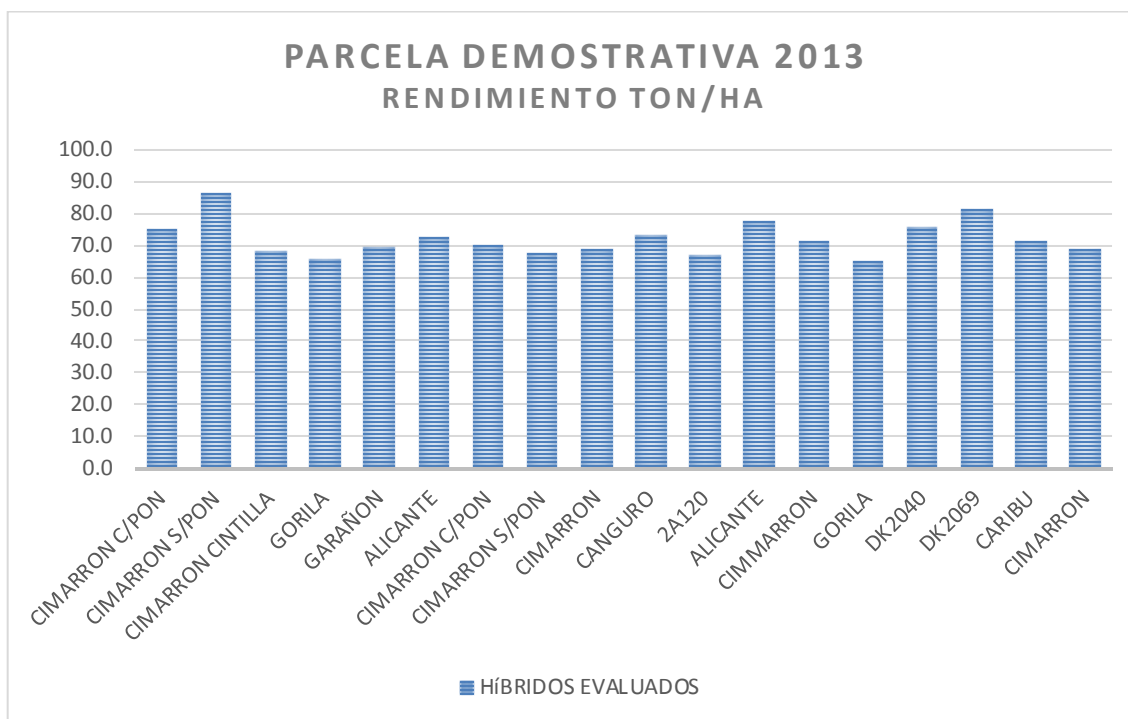
Figura 5. Ubicación geográfica de predio donde se realizaron los trabajos.

Material genético

Cuadro 9 Parcela demostrativa hormiguero 2013

COSECHA: 23 DE JULIO 2013			
HÍBRIDO	Sup. Cosech.	Peso (kg)	ton ha⁻¹
CIMARRÓN C/PON	0,21	15,66	74,821
CIMARRÓN S/PON	0,18	15,15	86,128
CIMARRÓN CINTILLA	0,60	41,22	68,211
GORILA	0,62	40,76	65,923
GARAÑÓN	0,62	42,9	69,451
ALICANTE	0,63	45,98	72,880
CIMARRÓN C/PON	0,22	15,41	70,141
CIMARRÓN S/PON	0,40	26,76	67,253
CIMARRÓN	0,20	13,86	68,716
CANGURO	0,21	15,55	72,970
2A120	0,21	13,74	66,861
ALICANTE	0,21	16,08	77,531
CIMARRÓN	0,21	14,69	71,519
GORILA	0,21	13,78	65,308
DK2040	0,21	15,53	75,645
DK2069	0,13	10,42	81,279
CARIBÚ	0,21	14,69	71,207
CIMARRÓN	0,21	14,55	68,827

Figura 1. Rendimiento de toneladas por hectárea en el año 2013



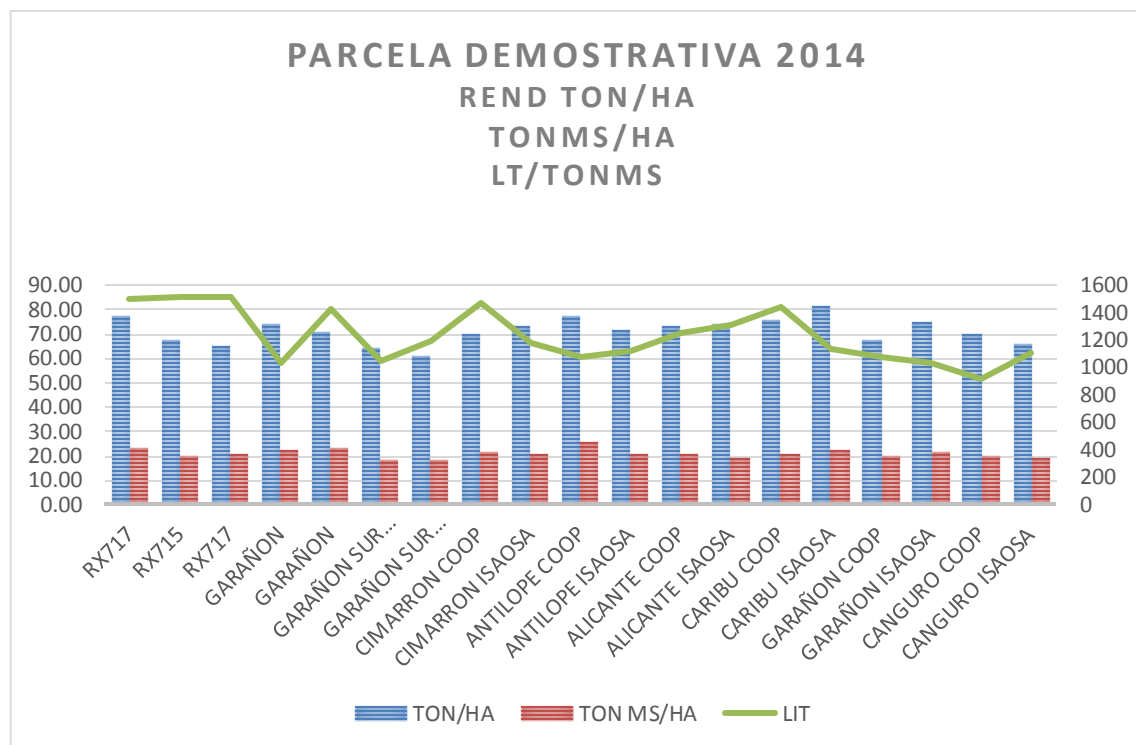
Cuadro 10. Parcela demostrativa hormiguero 2014

COSECHA: 21 DE JULIO 2014							
Híbrido	Sup. cosech.	peso (kg)	ton ha ⁻¹	% ms	ton ms ha ⁻¹	lt ton ⁻¹ ms	lt ha ⁻¹ *
RX717	0,18	14370	77,90	29,6	23,06	1496	34.49
RX715	0,21	14000	67,75	30,17	20,44	1519	31.04
RX717	0,15	9600	64,96	32	20,79	1513	31.44
GARAÑON	0,18	13010	74,10	30,8	22,82	1041	23.76
GARAÑON	0,21	14960	71,00	32,8	23,29	1435	33.41

GARAÑON SUR ANG	0,21	13290	64,34	28,5	18,34	1045	19.16
GARAÑON SUR ANG	0,20	12420	61,48	29,9	18,38	1201	22.07
CIMARRON COOP	0,20	13850	70,20	31,3	21,97	1466	32.21
CIMARRON ISAOSA	0,19	13940	73,22	28,5	20,87	1180	24.6
ANTILOPE COOP	0,20	15740	77,26	33,7	26,04	1074	27.96
ANTILOPE ISAOSA	0,22	15980	72,02	29	20,89	1125	23.5
ALICANTE COOP	0,20	15000	73,44	29	21,30	1247	26.5
ALICANTE ISAOSA	0,21	15610	74,34	25,4	18,88	1319	24.0
CARIBU COOP	0,23	17160	75,53	28,2	21,30	1448	30.9
CARIBU ISAOSA	0,20	16590	81,93	27,7	22,69	1143	25.6
GARAÑON COOP	0,20	13530	68,05	29,3	19,94	1077	21.5
GARAÑON ISAOSA	0,20	15120	75,17	28,4	21,35	1033	22.05
CANGURO COOP	0,17	12140	70,32	28,5	20,04	925	18.5
CANGURO ISAOSA	0,26	17140	65,89	28,8	18,98	1115	21.16

*= Cifra en miles de litros

Figura 6. Comparación de producción de rendimiento y litro de leche por tonelada de MS.

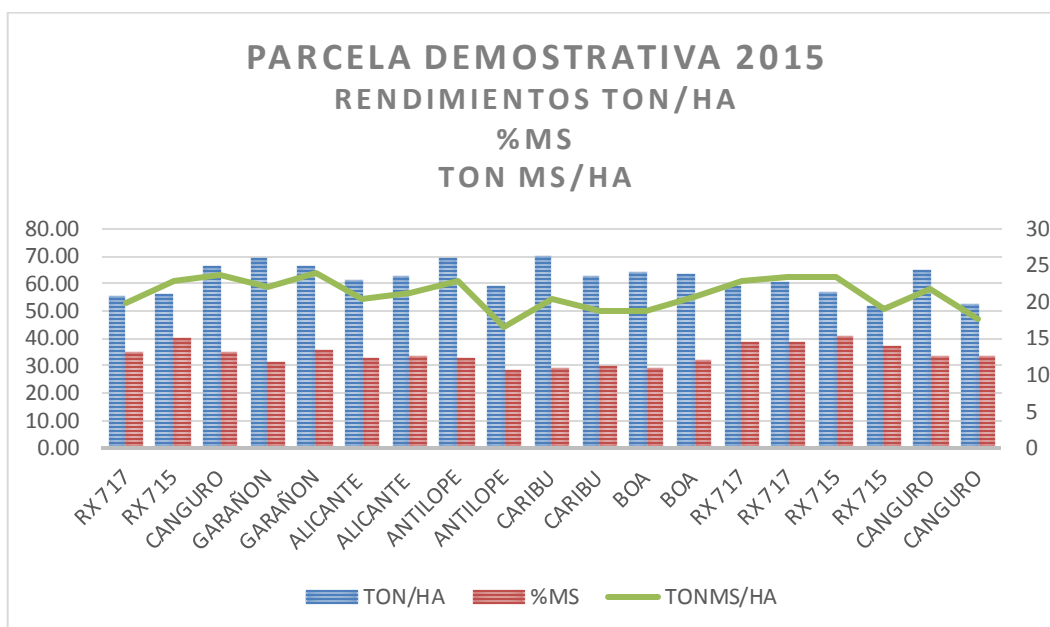


Cuadro 11 Parcela demostrativa hormiguero 2015

COSECHA: 19 DE JULIO 2015			
HÍBRIDO	TON/HA	%MS	Ton MS/Ha
RX 717 COOP	55,80	35,4	19,75
RX 715 COOP	56,39	40,3	22,73
CANGURO COOP	66,52	35,4	23,55
GARAÑÓN EUR	69,59	31,5	21,92
GARAÑÓN COOP	66,38	35,9	23,83
ALICANTE EUR	61,57	32,9	20,26
ALICANTE COOP	62,92	33,6	21,14
ANTILOPE EURO	69,04	33,2	22,92
ANTILOPE COOP	59,22	28,2	16,70
CARIBÚ EUR	70,00	29	20,30
CARIBÚ COOP	62,89	30	18,87
BOA EUR	64,06	29,2	18,70

BOA COOP	63,44	32,4	20,55
RX 717 EUR	59,16	38,6	22,83
RX 717 COOP	60,31	39	23,52
RX 715 EUR	57,01	40,8	23,26
RX 715 COOP	51,58	36,9	19,03
CANGURO EUR	64,62	33,7	21,77
CANGURO COOP	52,37	33,5	17,55

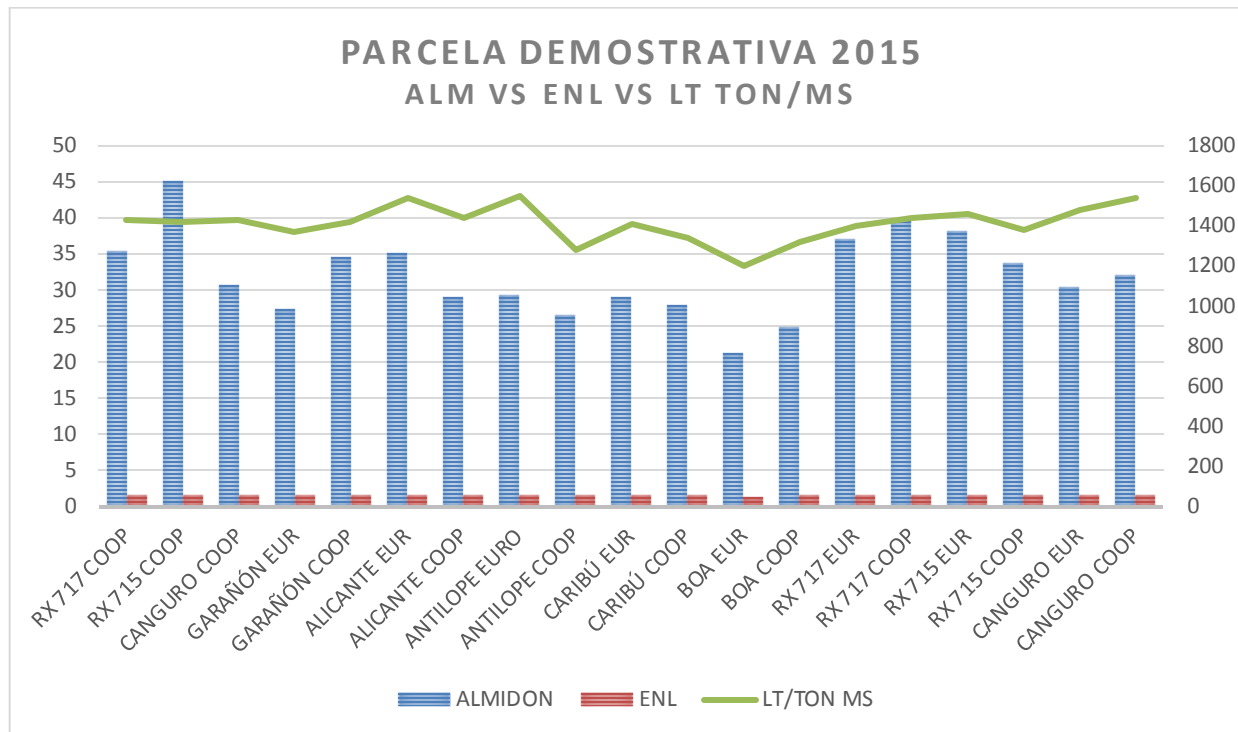
Gráfica 7. Rendimiento en ton ha⁻¹ vs %MS vs ton MS ha⁻¹ en el año 2015.



Cuadro 12 Parcela demostrativa en 2015 de calidad bromatológica

HIBRIDO	Almidón	ENL	Its ton MS
RX 717 COOP	35,5	1,53	1424
RX 715 COOP	45	1,57	1416
CANGURO COOP	30,7	1,53	1431
GARAÑÓN EUR	27,4	1,52	1370
GARAÑÓN COOP	34,7	1,59	1423
ALICANTE EUR	35	1,69	1536
ALICANTE COOP	28,9	1,58	1437
ANTILOPE EURO	29,3	1,56	1546
ANTILOPE COOP	26,5	1,49	1281
CARIBÚ EUR	28,9	1,58	1412
CARIBÚ COOP	28	1,54	1336
BOA EUR	21,4	1,32	1199
BOA COOP	24,8	1,49	1322
RX 717 EUR	37,2	1,56	1398
RX 717 COOP	39,8	1,6	1443
RX 715 EUR	38,2	1,58	1461
RX 715 COOP	33,7	1,56	1375
CANGURO EUR	30,4	1,54	1474
CANGURO COOP	32	1,62	1534

Gráfica 2 Análisis de calidad bromatológica para el año 2015

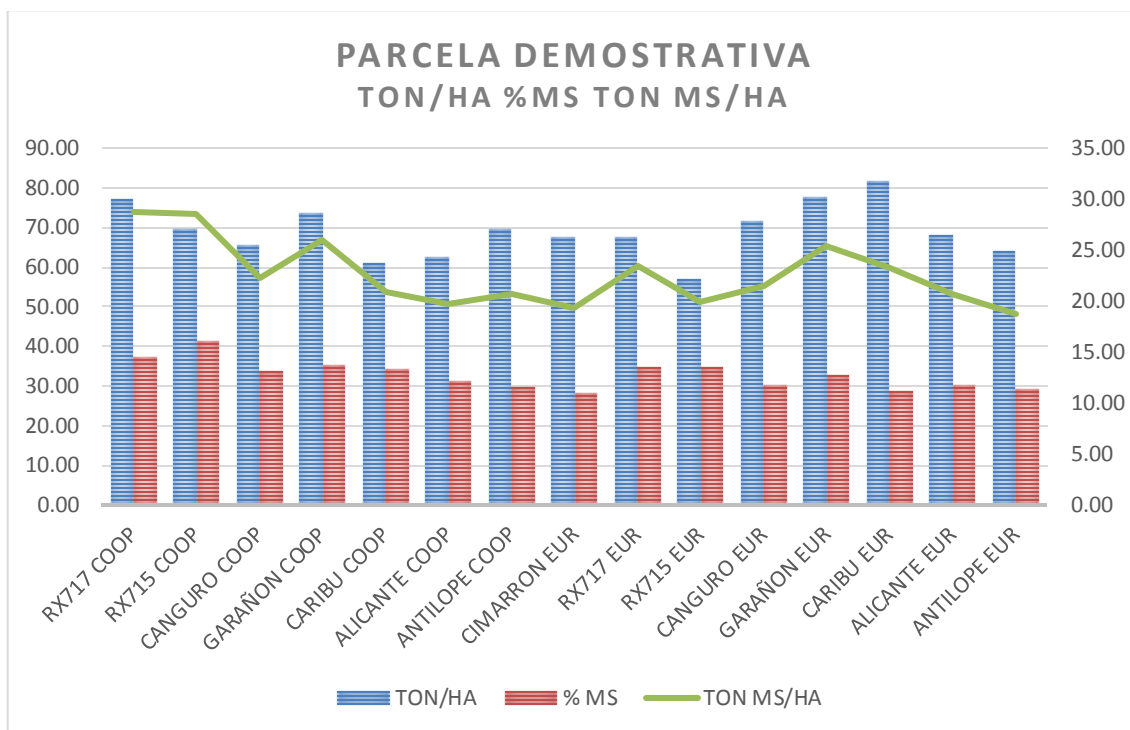


Cuadro 13 Parcela demostrativa hormiguero 2016.

COSECHA: 08 DE JULIO 2016			
HÍBRIDO	TON/HA	% MS	TON MS/HA
RX717 COOP	77,12	37,40	28,84
RX715 COOP	69,48	41,20	28,62
CANGURO COOP	65,66	33,80	22,19
GARAÑÓN COOP	73,54	35,40	26,03
CARIBU COOP	61,06	34,30	20,94
ALICANTE COOP	62,56	31,50	19,71
ANTILOPE COOP	69,50	29,80	20,71
CIMARRON EUR	67,71	28,50	19,30
RX717 EUR	67,76	34,70	23,51
RX715 EUR	57,27	34,80	19,93
CANGURO EUR	71,46	30,20	21,58

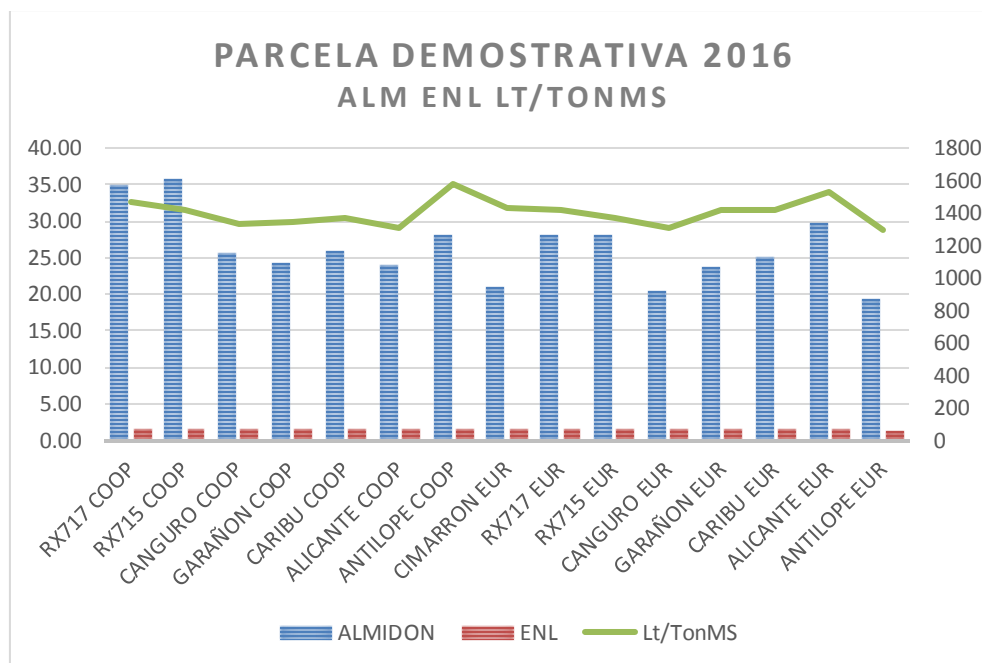
GARAÑÓN EUR	77,85	32,60	25,38
CARIBU EUR	81,66	28,60	23,35
ALICANTE EUR	68,34	30,40	20,78
ANTILOPE EUR	63,91	29,30	18,73

Gráfica 3 Comparación de dos tratamientos de fertilización convencional vs liberación controlada en rendimiento por hectárea



Cuadro 14 Parcela demostrativa de calidad bromatológica con dos tratamientos diferentes de fertilización

HÍBRIDO	ALMIDON	ENL	Lt/TonMS
RX717 COOP	34,90	1,57	1467
RX715 COOP	35,90	1,55	1413
CANGURO COOP	25,70	1,48	1331
GARAÑON COOP	24,20	1,46	1344
CARIBU COOP	25,90	1,48	1366
ALICANTE COOP	23,90	1,50	1312
ANTILOPE COOP	28,10	1,57	1580
CIMARRON EUR	21,10	1,48	1429
RX717 EUR	28,20	1,50	1419
RX715 EUR	28,20	1,50	1367
CANGURO EUR	20,40	1,40	1304
GARAÑON EUR	23,60	1,44	1415
CARIBU EUR	25,20	1,46	1419
ALICANTE EUR	29,70	1,62	1524
ANTILOPE EUR	19,20	1,37	1301

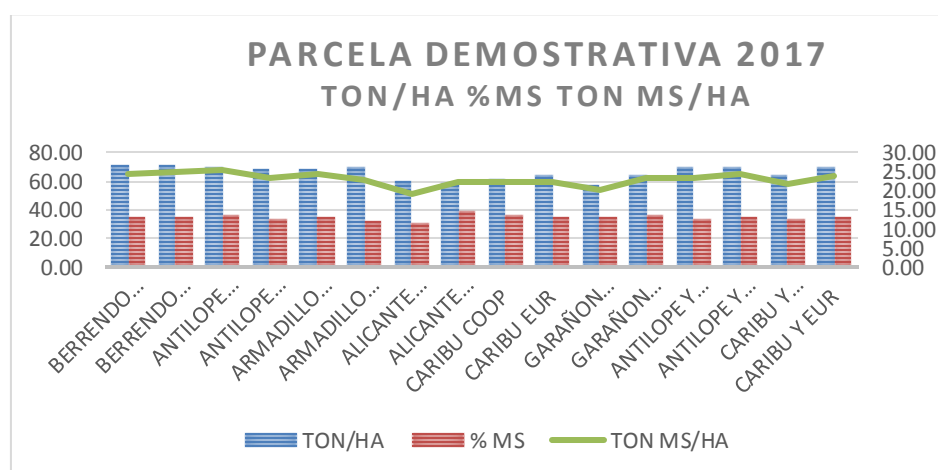


Gráfica 4 Comparación de calidad bromatológica con dos tratamientos de fertilización diferente

Cuadro 15 Parcela demostrativa hormiguero 2017

COSECHA: 10 DE JULIO 2017			
HIBRIDO	TON/HA	% MS	TON MS/HA
BERRENDO COOP	71,44	34,4	24,58
BERRENDO EUR	71,02	35,2	25,00
ANTILOPE COOP	69,33	36,7	25,45
ANTILOPE EUR	68,21	34,3	23,40
ARMADILLO COOP	67,91	35,7	24,24
ARMADILLO EUR	69,41	32,9	22,84
ALICANTE COOP	60,36	31,5	19,01
ALICANTE EUR	58,13	38,6	22,44
CARIBU COOP	61,98	36,0	22,31
CARIBU EUR	63,67	34,7	22,09
GARAÑÓN COOP	57,39	35,0	20,09
GARAÑÓN EUR	64,84	36,0	23,34
ANTILOPE Y COOP	70,27	33,3	23,40
ANTILOPE Y EUR	69,58	34,7	24,14
CARIBU Y COOP	64,71	33,8	21,87
CARIBU Y EUR	69,56	34,4	23,93

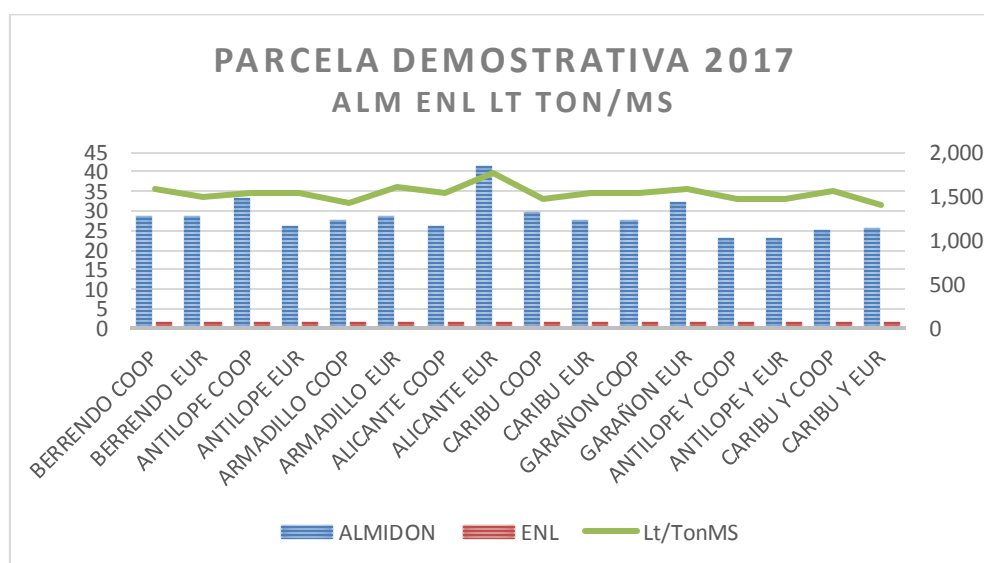
Gráfica 5 Comparación de rendimiento de producción en el año 2017, incluyendo nuevo materiales de híbridos de maíz



Cuadro 16 Parcela demostrativa de 2017 de calidad bromatológica con nuevos híbridos de maíz.

HÍBRIDO	ALMIDON	ENL	lts/ ton MS
BERRENDO COOP	28,5	1,59	1.572
BERRENDO EUR	28,50	1,56	1.491
ANTILOPE COOP	33,40	1,61	1.548
ANTILOPE EUR	26,10	1,53	1.534
ARMADILLO COOP	27,60	1,52	1.423
ARMADILLO EUR	28,70	1,57	1.601
ALICANTE COOP	26,00	1,56	1.548
ALICANTE EUR	41,60	1,78	1.757
CARIBU COOP	29,60	1,54	1.480
CARIBU EUR	27,80	1,56	1.529
GARAÑÓN COOP	27,50	1,56	1.542
GARAÑÓN EUR	32,40	1,6	1.593
ANTILOPE Y COOP	23,20	1,51	1.473
ANTILOPE Y EUR	23,20	1,48	1.478
CARIBU Y COOP	25,00	1,53	1.564
CARIBU Y EUR	25,80	1,52	1.405

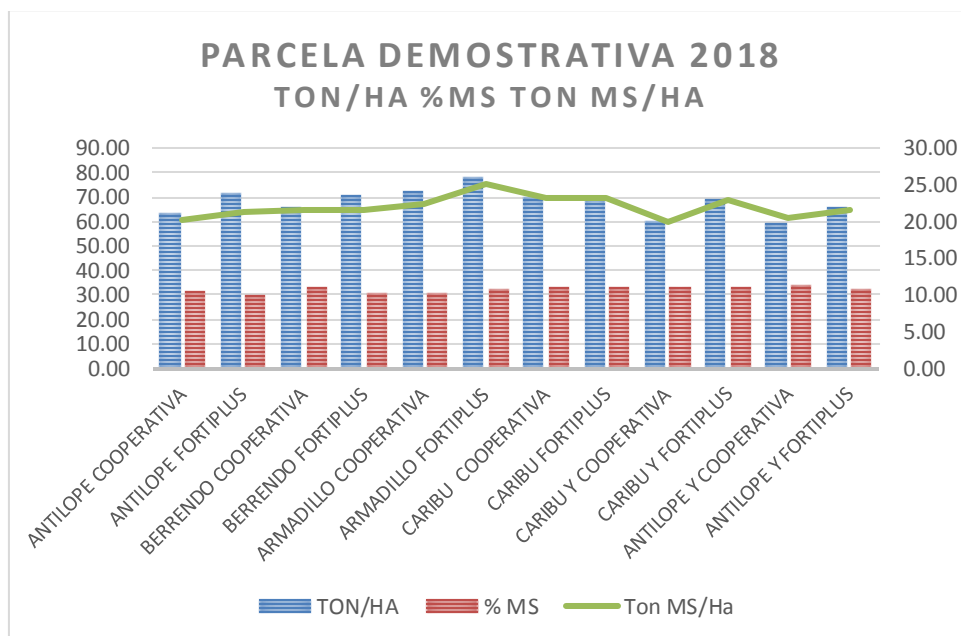
Gráfica 6. Análisis de calidad bromatológico en dicho año, donde se agregan otros híbridos de maíz nuevos.



Cuadro 17 Parcela demostrativa hormiguero 2018

COSECHA: 06 DE JULIO 2018

HÍBRIDO	ton ha	% MS	ton MS ha ⁻¹
ANTILOPE COOPERATIVA	63,77	31,7	20,21
ANTILOPE FORTIPLUS	71,72	29,6	21,23
BERRENDO COOPERATIVA	65,68	32,8	21,54
BERRENDO FORTIPLUS	70,92	30,5	21,63
ARMADILLO COOPERATIVA	72,84	30,9	22,51
ARMADILLO FORTIPLUS	77,94	32,1	25,02
CARIBU COOPERATIVA	70,19	32,9	23,09
CARIBU FORTIPLUS	69,95	33,0	23,08
CARIBU Y COOPERATIVA	59,81	33,4	19,98
CARIBU Y FORTIPLUS	69,40	32,9	22,83
ANTILOPE Y COOPERATIVA	59,34	34,4	20,41
ANTILOPE Y FORTIPLUS	65,90	32,6	21,48



Gráfica 7. Parcela demostrativa de rendimiento en 2018 **Cuadro 18. Parcela demostrativa de 2018 de calidad bromatológica con nuevos híbridos de maíz**

HÍBRIDO	ALMIDON	ENL	ton MS ha ⁻¹
ANTILOPE COOPERATIVA	24,0	1,49	1438
ANTILOPE FORTIPLUS	21,6	1,44	1324
BERRENDO COOPERATIVA	25,0	1,49	1501
BERRENDO FORTIPLUS	23,6	1,46	1440
ARMADILLO COOPERATIVA	28,9	1,54	1410
ARMADILLO FORTIPLUS	29,8	1,40	1194
CARIBU COOPERATIVA	27,0	1,52	1480
CARIBU FORTIPLUS	26,7	1,51	1434
CARIBU Y COOPERATIVA	29,5	1,53	1473
CARIBU Y FORTIPLUS	29,7	1,55	1473
ANTILOPE Y COOPERATIVA	26,1	1,53	1526
ANTILOPE Y FORTIPLUS	28,3	1,43	1241

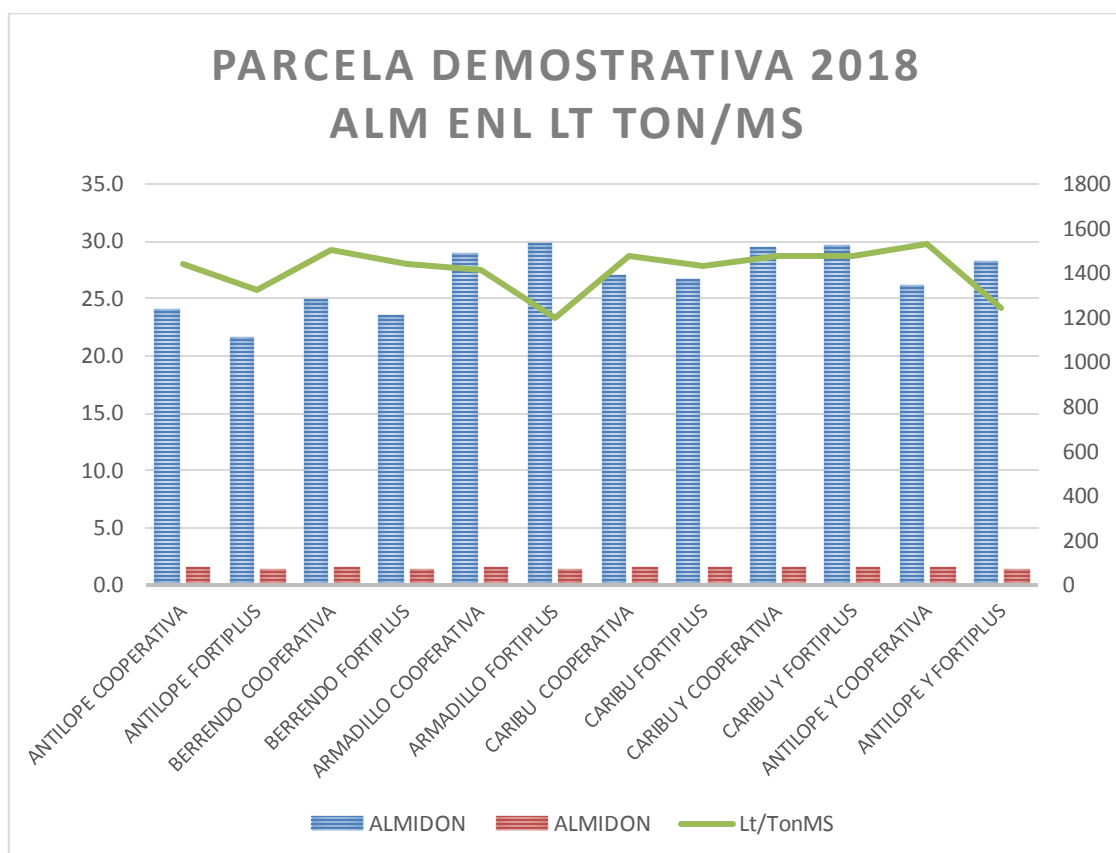
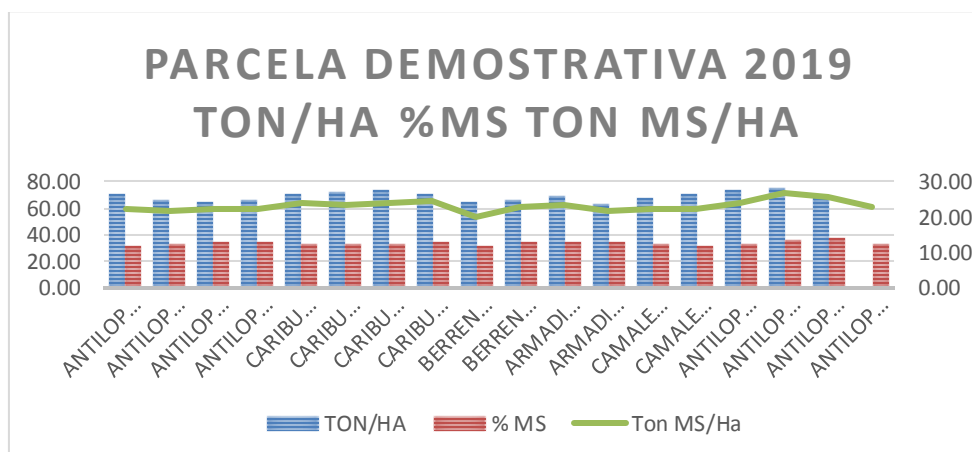


Figura 8. Comparación de híbridos de maíz en calidad bromatológica en diferentes fuentes de fertilizantes

Cuadro 19. Parcela demostrativa hormiguero 2019

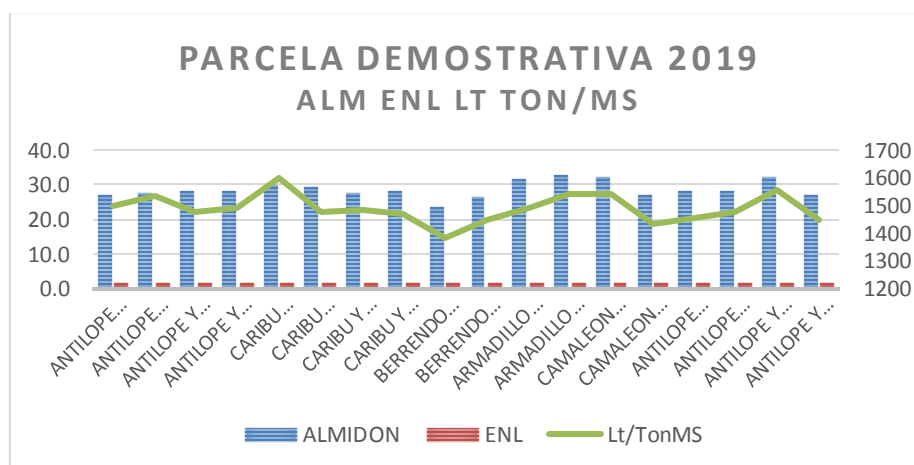
COSECHA: 18 DE JULIO 2019			
HÍBRIDO	ton ha ⁻¹	% ms	ton ms ha ⁻¹
ANTILOPE COOPERATIVA	70,89	31,8	22,54
ANTILOPE FORTIPLUS	65,60	32,9	21,58
ANTILOPE Y COOPERATIVA	65,33	34,4	22,47
ANTILOPE Y FORTIPLUS	66,55	33,6	22,36
CARIBU COOPERATIVA	71,13	33,5	23,83
CARIBU FORTIPLUS	72,90	32,4	23,62
CARIBU Y COOPERATIVA	73,79	32,6	24,06
CARIBU Y FORTIPLUS	71,26	34,6	24,66
BERRENDO COOPERATIVA	64,41	31,2	20,10
BERRENDO FORTIPLUS	66,67	34,2	22,80
ARMADILLO COOPERATIVA	69,01	33,9	23,40
ARMADILLO FORTIPLUS	63,90	34,1	21,79
CAMALEON COOPERATIVA	67,26	33,1	22,26
CAMALEON FORTIPLUS	70,55	31,9	22,50
ANTILOPE ACC COOPERATIVA	73,19	32,5	23,79
ANTILOPE ACC FORTIPLUS	74,66	35,6	26,58
ANTILOPE Y ACC COOPERATIVA	68,27	37,3	25,46
ANTILOPE Y ACC FORTIPLUS	69,40	32,6	22,62

Gráfica 9 Rendimiento de maíces con diferentes fertilizaciones y tratamiento a semilla

Cuadro 20 Parcela demostrativa de 2019 de calidad bromatológica con nuevos híbridos de maíz

HÍBRIDO	ALMIDON	ENL	ton MS ha ⁻¹
ANTILOPE COOPERATIVA	27,1	1,53	1502
ANTILOPE FORTIPLUS	27,4	1,59	1537
ANTILOPE Y COOPERATIVA	28,2	1,50	1480
ANTILOPE Y FORTIPLUS	28,1	1,55	1492
CARIBU COOPERATIVA	30,0	1,56	1597
CARIBU FORTIPLUS	29,2	1,54	1477
CARIBU Y COOPERATIVA	27,5	1,49	1484
CARIBU Y FORTIPLUS	28,4	1,49	1466
BERRENDO COOPERATIVA	23,8	1,45	1380
BERRENDO FORTIPLUS	26,5	1,47	1446
ARMADILLO COOPERATIVA	31,5	1,55	1491
ARMADILLO FORTIPLUS	32,7	1,59	1543
CAMALEON COOPERATIVA	32,4	1,58	1541
CAMALEON FORTIPLUS	27,1	1,51	1436
ANTILOPE ACC COOPERATIVA	28,2	1,51	1454
ANTILOPE ACC FORTIPLUS	28,2	1,56	1479
ANTILOPE Y ACC COOPERATIVA	32,0	1,63	1559
ANTILOPE Y ACC FORTIPLUS	27,0	1,48	1447

Figura 10. Calidad bromatológica en 2019 con diferentes fertilizaciones y tratamiento a semilla



Parcela experimental

El material genético evaluado son híbridos de maíz de la marca Asgrow de Monsanto para forraje o grano, cuyo objetivo de desarrollar es obtener el mejor híbrido en cuanto a producción de forraje verde, forraje seco y calidad bromatológica.

La siembra se realiza con densidades de población la cual se desea analizar, de acuerdo al sistema de riego, la estructura de la planta, el objetivo de cada híbrido de maíz (forraje y grano), estas oscilan desde las 90,000 a 115,000 semillas por hectárea, teniendo la densidad promedio de 106,000 semillas que es como se siembra en la Comarca Lagunera.

Los riegos se realizaron por medio de válvulas alfalferas por inundación con una lámina de riego promedio de 120 cm en todo el ciclo y con los dos sistemas de La Laguna; bombeo de pozo profundo y con agua del río Nazas.

Las cosechas se realizan con una materia seca promedio de 30-34% y el producto final se lleva directo al pozo de silo para que este a su vez lleve todo el proceso de ensilaje.

CONCLUSIONES

A través de los años recorridos desde el inicio de mi formación laboral, se ha adquirido conocimientos de híbridos de maíz, fertilizantes convencionales, liberación controlada y lenta fertilización; además del desarrollo de estos a través de este trabajo por 7 años laborales en los dos ciclos de primavera y verano.

Dichos trabajos realizados los hace la empresa en la que actualmente me desarrollo profesionalmente Sociedad Cooperativa Agropecuaria de la Comarca Lagunera en conjunto con empresas de agroquímicos, semillas y fertilizantes.

Aunado esto el conocimiento del buen uso y manejo agroquímicos de empresas nacionales y trasnacionales (BAYER, BASF, SYNGENTA, FMC, FAGRO DE MEXICO, VELSIMEX, MONSANTO).

REVISIÓN DE LITERATURA

- Carrete J., Echeneiter, J., Rimieri, P. & Devito, CX. 1997. Maíz para ensilajes: efecto del momento de cosecha sobre la producción y valor nutritivo del forraje. *Revista Tecnológica Agropecuaria*. Pergamin. Estación Experimental Agropecuaria. Bra. 2 (6):2-5.
- Castellanos, R. A., Llamas L. I. G y Shimada A. S. 1990. Manual de técnicas de investigación en ruminología. Sistema de educación en producción animal en México A. C. 267.
- Chase L., E. 2006. Matching your forage resources with animal needs. *Proceedings Tennessee Nutrition Conference*. pp. 1-7.
- Coors, J. G., Carter, P. R., Hunter, R. B. 1994. Silage corn in: *Speciality cors: Hallauer. A. R. ed. CRC Press INC. Iowa USA. 305-339.*
- FAO. 2000. *El Maíz en la Nutrición Humana*. Editorial FAO. Oficina Regional de la FAO para América Latina.
- Geiger, H.H., Seitz, G., Melchinger, A.E. & Schmidt, G.A. 1999. Genotypic correlations in forage maize. I. Relationships among yield and quality traits in hybrids. 95-99.
- Herrera, S. R. 1998. El papel de la asistencia técnica en la eficiencia productiva de los establos lecheros. IV ciclo de conferencias internacionales sobre nutrición y manejo, LALA. Torreón, Coah, México. Pp 86-107.
- INTAGRI. (2017). Lixiviación de nitratos en agricultura. 22 de Noviembre de 2018, de Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura.
- Llanos C.M. 1984. El maíz, su cultivo y aprovechamiento. Ed. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España. Pp 63-65.
- Majewski C., J., D. Allshouse R. y J. Sniffen C. 1998. Variability in forage quality parameters for corn hybrids. In: *Investigations in Forage Quality. Research Report. (98-8):5-7.*
- Medina, R. N. 1997. El efecto de la calidad de los forrajes en la producción de la leche. Primera demostración sobre nutrición y manejo de ganado lechero. Grupo LALA. Gomez Palacio Dgo., México. s/p.

- Núñez H., G. y R. Faz C. 2005. Alternativas de forraje, eficiencia en el uso del agua de riego y producción de leche. *Unión Ganadera*. 52:29-31
- Núñez H., G., F. Contreras G. y R. Faz C. 2003. Características agronómicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc. Pecu. Méx.* 41(1):37-48.
- Núñez H., G., F. Contreras, R. Faz. y R. Herrera. 1998. Producción de maíz para ensilaje con alto valor energético y su impacto en la producción de leche. En memorias del IV Ciclo Internacional sobre nutrición y manejo. Gómez Palacio, Dgo. Nov 11 al 13. pp. 104-117.
- Núñez H., G., F. González C. y S. Martín del Campo V. 1993. Efecto de la densidad de plantas en la producción y calidad de maíz en híbridos de hojas erectas para ensilaje. *Avances de Investigación Agropecuaria* 3(1):25-30.
- Núñez, H.G., F. González C., J.A. Payán G., y R. Faz C. 2010. Selección de híbridos para ensilados de maíz y su rendimiento en producción de leche. *Memorias. 3er Simposium Lechero Internacional*. Aguascalientes, Ags. 75-84.
- Perry, T.W. 2000. Corn as a livestock feed. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. *Corn and corn improvement*, 3rd ed., p. 941-963. Madison WI, USA, American Society of Agronomy.
- Resumen anuario estadístico del siglo de Torreón 2016, fuente SAGARPA – Región Lagunera
- Reta, S.D.G., A. Gaytán, M., y J.S. Carrillo A. 2002. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol.23:37-48.
- Ritchie S. W. 1992. How a corn plant develop. University of Iowa.
- Romero, F. E. 1996. El manejo del suelo para incrementar la producción de los forrajes. *LI Ciclo internacional de conferencias sobre nutrición y manejo. Producción y manejo de forrajes para aumentar la eficiencia del ganado lechero Grupo industrial LALA*. Nov. 21 – 13. Gómez Palacio Dgo. Pp. 10-22.
- Secretaría de Economía (2012). Dirección General de Industrias Básicas. *Análisis del Sector Lechero en Mexico*. Septiembre 20, 2018.

http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/InformacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf

Shama, M.K., Kumar P. (2017). *Guía para la identificación y el manejo de la deficiencia de nutrientes en cereales*. Octubre 31, 2018., de CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. IPNI International Plant Nutrition Institute.

<http://www.conservacioncimmyt.org/./2185-guia-para-la-identificacion-y-manejo-de-las-deficiencias-de-nitrogeno-en-maiz.pdf>

Shaver R., D. 2004. Forage quality variation. Pages. In Proc. Mid-South Ruminant Nutrition Conference., Arlington, TX. 1-13.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, 2016*. Octubre 21, 2018.

Secretaría de Agricultura Ganadería Recursos Hidráulicos y Pesca (SAGARPA). <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> .Uhart A.S., Echeverría E. H. (1998). *El rol del nitrógeno y del fósforo en la producción de maíz*. Diagnóstico de la fertilización nitrogenada y fosforada. Octubre 21, 2018. De Boletín Técnico Morgan-Mycogen. 48 pag., Afiliación: Morgan-Mycogen (Ed). Buenos Aires, Argentina. Sitio web: http://www.researchgate.net/publication/311715308_el_rol_del_nitrogeno_y_del_fosforo_en_la_produccion_del_maiz.

Verhulst N., Francois I., Grahmann K., Cox R., Govaerts B. (2015). *Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada en la agricultura de conservación*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Modernización Sustentable de la Agricultura tradicional MasAgro.