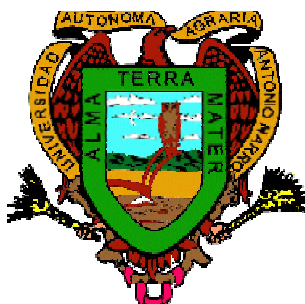


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**PRODUCCIÓN DE MAIZ FORRAJERO EN ALTAS DENSIDADES DE POBLACIÓN
BAJO PIVOTE CENTRAL (LEPA).**

POR:

ILDEFONZO ESTRADA SANCHEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DEL 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**PRODUCCIÓN DE MAIZ FORRAJERO EN ALTAS DENSIDADES DE POBLACIÓN
BAJO PIVOTE CENTRAL (LEPA)**

TESIS DEL C. **ILDEFONZO ESTRADA SANCHEZ** ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:

P.h.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

ASESOR

M.C. CLAUDIO GODOY AVILA

ASESOR

M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

ASESOR

M.C. JOSE SIMÓN CARRILLO AMAYA

M.E. VICTOR MARTINEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DEL 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**PRODUCCIÓN DE MAIZ FORRAJERO EN ALTAS DENSIDADES DE POBLACIÓN
BAJO PIVOTE CENTRAL (LEPA)**

TESIS DEL C. **ILDEFONZO ESTRADA SANCHEZ** QUE SE SOMETE A
CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:

PRESIDENTE

P.h.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

VOCAL

M.C. CLAUDIO GODOY AVILA

VOCAL

M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

VOCAL

M.C. JOSE SIMÓN CARRILLO AMAYA

M.E. VICTOR MARTINEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DEL 2007

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por permitirme la vida y la oportunidad de cumplir una de mis metas más importante que es la realización de este trabajo y terminar satisfactoriamente mi carrera.

A mis padres:

Manuel de Jesús Estrada Estrada
Y
Lucila Sánchez Gómez

A ti papá que nos has dado todo que casi de sol a sol has trabajado con el único afán de sacar a tu familia adelante. Nos has dado todo tu amor que es lo más importante, que en los momentos más difíciles además de ser padre eres amigo en el que puedo confiar. Gracias por los consejos que me has dado que nunca voy a olvidar a ti te debo todo esto y mucho más te quiero mucho.

A ti mamá por haberme dado la vida, educarme de manera correcta, enseñarme a caminar, vencer todos los obstáculos y barreras en el transcurso de mi vida que junto con papá siempre han sabido estar a mi lado te quiero mucho.

A mis hermanos. María el Carmen, Cristian de Jesús, Ximena por su apoyo y palabras de aliento muchas gracias.

A mis tíos. Juan Pablo, Esperanza, Luz y María por su valioso apoyo durante mi carrera y todas sus oraciones gracias de todo corazón.

A mis compañeros de grupo. Guillermo, Ramiro, Martín, Paola, Rosibel, Abraham, Pedro, Benjamín, Orlando, Argeo, Amin por los momentos que compartimos juntos durante nuestra estancia en la universidad.

A mis amigos: Ing. Sergio Alberto Turijan, Ing. Mayra Leticia Franco Ramírez e Ing. Luís Atonio Valdivia por su valioso apoyo y por los momentos agradables que compartimos en casa.

A mi Alma Terra Mater. Por ser la casa donde adquirí los conocimientos y brindarme la oportunidad de prepararme y terminar mis estudios.

INDICE DE CONTENIDO.

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	i
INDICE DE CONTENIDO.....	ii
INDICE DE CUADROS.....	v
RESUMEN.....	vi
SUMARY.....	vii
I.- INTRODUCCION.....	1
II.- OBJETIVO.....	2
III.- HIPOTESIS.....	2
IV.- REVISION DE LITERATURA.....	3
4.1.- Generalidades del maíz.....	3
4.1.1.- Origen del maíz.....	3
4.1.2.- El maíz como cultivo forrajero.....	3
4.1.3.- Importancia del cultivo del maíz.....	5
4.1.4.- Clasificación taxonómica.....	6
4.1.5.- Descripción botánica y morfológica.....	7
4.1.6.- Fisiología del maíz.....	8
4.1.7.- Característica de una planta ideal.....	8
4.1.8.- Calidad nutricional del maíz.....	9
4.1.9.- Energía neta de lactancia.....	10
4.1.10.- Digestibilidad.....	11
4.2.- Factores que determinan la producción del maíz.....	12
4.2.1.- Temperatura.....	12
4.2.2.- Radiación solar.....	13
4.2.3.- Viento.....	13
4.2.4.- Fotoperíodo.....	14
4.2.5.- Precipitación.....	14
4.2.6.- Evaporación.....	14
4.2.7.- Factores edáficos.....	15

4.2.8.- Preparación del terreno.....	15
4.2.9.- Densidad de población.....	15
4.3.- Riegos.....	17
4.3.1.- Disponibilidad y calidad del agua.....	17
4.3.2.- Importancia del agua en la planta.....	18
4.4.- Los sistemas de aplicación con presión con baja energía.	18
4.4.1.- Riego por pivote central y su sistema LEPA.....	19
4.4.2.- Rendimiento utilizando LEPA y sistemas convencionales.....	20
4.4.3.- Conversión al sistema LEPA.....	20
4.4.4.- Ventajas de sistema LEPA.....	21
V.-MATERIALES Y METODOS.....	22
5.1.- Preparación del terreno.....	22
5.2.- Siembra.....	22
5.3.- Tipo de suelo.....	22
5.4.- Riegos.....	23
5.4.1.- Sistema de riego.....	23
5.5.- Plagas.....	23
5.6.- Fertilización.....	23
5.7.- Diseño experimental.....	24
5.8.- Variables evaluadas.....	24
5.8.1.- Materia seca.....	24
5.8.2.- Rendimiento del forraje verde.....	25
5.8.3.- Rendimiento del forraje seco.....	25
5.9.- Eficiencia en el uso del agua.....	26
5.10.- Calidad del forraje.....	26
5.11.- Cosecha.....	27
5.11.1.- Determinación de materia seca.....	27
VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
6.1.- Rendimiento del forraje.....	28

6.2.- Calidad del forraje.....	29
6.2.1.- Fibra detergente neutra.....	30
6.2.2. Digestibilidad invitro.....	30
VII.- CONCLUSIONES.....	31
VIII.- BIBLIOGRAFIA.....	32

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Página
1	Clasificación taxonómica del maíz.....	6
2	Criterios para la clasificación de los maíces para Forrajes producidos bajo condiciones de la comarca lagunera.....	9
3	Requerimientos nutritivos de vaca de 600 kg. de peso vivo y 30 kg. de leche/día y aporte de dos tipos de forrajes producidos en la región.....	11
4	Distancia entre plantas y densidades de población.....	16
5	Eficiencia en el uso del agua.....	26
6	Producción de forraje verde y seco; porcentaje de materia seca y de mazorca en tres híbridos de maíz forrajero.....	29
7	Proteína cruda, fibra detergente neutra y digestibilidad invitro en tres híbridos de maíz forrajero.....	30

PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO EN ALTAS DENSIDADES DE POBLACIÓN BAJO PIVOTE CENTRAL (LEPA)

RESUMEN

Durante el ciclo primavera – verano del 2006 en el Ejido Tanque Nuevo, municipio de Cuatro Ciénegas Coahuila, se realizó un trabajo en el que se evaluaron tres híbridos de maíz forrajero que son OSO, DK 2020 y DK 2002, donde se determinó la producción bajo condiciones de riego por pivote central y su variante LEPA (Low Energy Precisión Application). El sistema LEPA es similar a los sistemas de riego de movimiento lineal. Se equipa la tubería lateral con tubo de goteo y dispositivos de emisión por orificio de muy baja presión que descargan el agua por encima exactamente de la superficie del suelo a los surcos. El riego con alta eficiencia es posible, pero requiere velocidades de infiltración muy altas por parte del suelo a fin de evitar que el agua escurra.

Para evitar las pérdidas de agua por escurrimiento se realizó un entarquinado dentro de los surcos esto son pequeños bordos que ayudan a retener el agua y así poder ser aprovechada por la planta.

Se utilizaron tres pivotes centrales para el estudio utilizando un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, la distancia entre surcos fue de 75 y 15 cm. entre planta y planta; obteniéndose una población de 93 000 plantas por hectárea.

Los resultados encontrados indican que el porcentaje de mazorca el híbrido DK 2020 fue superior a los híbridos OSO y DK 2002 los cuales tuvieron un comportamiento similar. En producción de forraje verde y forraje seco no se detectaron diferencias entre híbridos.

PRODUCTION OF CORN SILAGE IN HIGH DENSITY UNDER CENTER PIVOT IRRIGATION WITH (LEPA)

SUMARY

During the cycle spring - summer of the 2006 in the Ejido Tanque Nuevo Cuatro ciénegas Coahuila, was made a work in which was evaluated three corn hybrids for silage which were OSO, DK 2020 and DK 2002, where was determined the forage yield under conditions of irrigation by center pivot and its variant LEPA (Low Energy Presition Aplication). The LEPA system is similar to the irrigation systems irrigation of linear movement. One equips the lateral pipe with dripping tube and devices of emission by orifice of very low pressure that above unload the even water exactly of the surface of the ground to the furrows. The irrigation with high efficiency is possible, but it requires very high speeds of infiltration on the part of the ground in order to avoid that the water slips to that it does not have to uniformity throughout the furrow.

In order to avoid the lost of water by percolation was made diking within the furrows that help to retain the water and thus power to be taken advantage of by the plant. Three center pivots for the study were used at random using an experimental design of blocks with four replications, the distance between furrows was 75 cm. and 15 cm. between plants; to obtain a population of 93 000 plants by hectare.

It was that the percentage of mazorca of DK 2020 was higher than the hybrids OSO and DK 2002 which had a similar behavior. For the production of green forage and dry forage differences between hybrids were not detected.

I. INTRODUCCION.

Entre los cultivos forrajeros destaca el cultivo del maíz con una superficie de 12 000 has y un valor de la producción que rebasa los 280 millones de pesos/año. En conjunto con las 45 639 has sembradas con otros cultivos como alfalfa, sorgo, avena forrajera y ballico, son regados con agua proveniente del acuífero; solo 20% de la superficie con maíz recibe aportaciones complementarias de la presa equivalentes a un volumen de 57 Mm³. En el riego del maíz se extrae del acuífero un volumen de 328.75 Mm³ los cuales son aplicados en este a través de una lámina de riego de 0.9 a 1.2 m/año. En la Comarca Lagunera, la producción promedio de forraje seco para maíz es de 13.4 ton/ha. De acuerdo a los datos anteriores, la eficiencia en uso de agua a nivel regional es de 1.1 a 1.4 Kg. de materia seca por m³ de agua aplicada. Resultados de investigación muestran valores de 3.0 Kg. /m³ para maíz. Lo anterior, indica que los valores de EUA (Eficiencia en Uso de Agua) en el ámbito regional, sean bajos para este cultivo. En un futuro inmediato no se visualizan nuevas fuentes del recurso hídrico que pudieran ser utilizadas en la agricultura de la Comarca Lagunera. La conservación del recurso agua se puede realizar mediante un incremento en la EUA, para sostener la producción agrícola y proveer una cantidad de agua suficiente para consumo humano e industrial.

Esto, obliga a buscar formas de incrementar la eficiencia en uso de agua (EUA), para impactar en los aspectos donde el efecto del rescate del recurso, tanto en cantidad como en calidad, sea el mayor posible.

Una alternativa factible para lograr lo anterior es utilizar sistemas de riego presurizado de baja energía, los cuales aplican junto con el agua una amplia variedad de productos químicos.

II. OBJETIVOS.

1.1.1. Reducir las pérdidas por evaporación y percolación utilizando un sistema de riego por pivote central y entarquinado.

1.1.2. Incrementar la producción de forraje y calidad de maíz en cuando menos un 30% en comparación al sistema de riego tradicional.

1.1.3. Incrementar la eficiencia en uso de agua.

III. HIPOTESIS.

En el sistema LEPA (Low Energy Precisión Application) la pérdida de agua es solo del 2 al 3 % y la producción, calidad y eficiencia en uso de agua del maíz forrajero es similar que en el sistema de pivote central equipado con aspersores de impacto.

IV. REVISION DE LITERATURA.

4.1. Generalidades del Maíz Forrajero.

4.1.1. Origen del Maíz.

El cultivo de Maíz tuvo su origen en América Central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte de Canadá y sur de Argentina. La evidencia más antigua de la existencia del maíz data de unos 7,000 años de antigüedad, encontrada por arqueólogos en el Valle de Tehuacán (México) pero es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en América (FAO, 1999).

4.1.2. El maíz como cultivo forrajero.

El creciente aumento en la demanda de maíz forrajero en las cuencas lecheras del país, plantea la necesidad de definir estrategias que identifiquen fuentes de germoplasma y aprovechen el potencial genético existente a través del desarrollo de programas de mejoramiento genético y métodos de riego (Peña et al, 2004).

El forraje se define como alimento voluminoso contrario de los concentrados. Tienen gran cantidad de fibra y su valor nutritivo es bajo, pero proporcionan un alto valor energético al ganado. Representante de este grupo son el ensilado, henificado, pastos y rastrojos (Núñez et al., 2003).

Un buen maíz forrajero debe poseer las siguientes cualidades: rendimiento de forraje verde mayor de 50 t ha^{-1} , rendimiento de forraje seco o materia seca mayor a 25 por ciento, valor relativo de forraje mayor a 120 (la alfalfa tiene 160), energía neta de lactancia mayor a 1.45 Mega caloría por kilogramo, digestibilidad de la materia seca mayor a 65 por ciento, contenido de fibra detergente ácido menor al 30 por ciento y contenido de fibra detergente neutra menor a 60 por ciento (Vergara., 2002).

En una evaluación de variedades de maíz, se debe enfocar hacia el incremento en producción de materia seca y considerar características importantes como resistencia al acame, estabilidad en la producción a través de diferentes ambientes, niveles mínimos de pérdida de materia seca durante el ensilaje, vigor inicial, densidad de siembra, así como la facilidad de recolección (Jugenheimer., 1985).

El contenido de grano en el maíz forrajero es de gran importancia, siendo éste una de las alternativas con que se cuenta para solucionar la escasez de forraje; entre las ventajas que presenta el maíz se pueden mencionar las siguientes: un alto potencial respecto a la posibilidad de aumentar su rendimiento de forraje, el cultivo establecido ocupa el terreno durante temporadas cortas dando oportunidad a la rotación de cultivos. Además el forraje obtenido puede ser ensilado para utilizarse en épocas de sequía o cuando escasea el forraje. En general se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Geiger et al., 1992 y Peña et al., 2003).

Un alto porcentaje de mazorca o un alto índice de cosecha favorecen el incremento en la calidad nutritiva del forraje. Sin embargo, en algunos casos también se relacionan negativamente con la digestibilidad de la planta sin elote (Peña et al., 2003).

La densidad de plantas necesarias para el máximo rendimiento de forraje es mayor que para la producción de grano. No se conoce con precisión la respuesta del maíz a las altas densidades, su efecto sobre el rendimiento y el valor nutricional.(Pinter et al., 1994).

La utilización de forraje de maíz, tiene dos variantes: la primera es el ensilado en verde, la cual se ha venido utilizando con mayor frecuencia debido a la comercialización de híbridos y variedades de maíz en la zona. En cuanto a la segunda variante, se utiliza como forraje molido en donde se muele toda la planta una vez que adquiere su madurez fisiológica (Ramírez., 1997).

La alta disponibilidad de radiación solar en la región Lagunera durante el periodo libre de heladas provoca que la productividad del maíz sea alta. Resultados de investigación indican que es posible obtener un potencial de hasta 80 t ha⁻¹ de forraje fresco y 24 t ha⁻¹ de forraje seco (30 por ciento de materia seca), con un contenido de grano de 45 a 50 por ciento (Reta et al., 2002).

La altura de la planta de maíz influye en la producción de materia seca, pero debe tener el tamaño adecuado a fin de contribuir con aproximadamente el 50% del peso total para no incrementar el contenido de fibras (Rodríguez et al., 2000).

4.1.3. Importancia del Cultivo del Maíz.

En la Comarca Lagunera el maíz forrajero ocupa un lugar importante dentro del patrón de cultivos por el alto rendimiento energético que aporta raciones para el ganado bovino lechero. Actualmente en la Región la producción promedio de forraje de maíz por hectárea es de 51 toneladas de forraje fresco y 15 toneladas de forraje seco (Reta et al, 2002).

En el riego de 22,500 hectáreas de maíz forrajero cultivadas en la Región Lagunera en el año de 1997, se utilizaron 256 millones de metros cúbicos del acuífero subterráneo (Godoy et al, 1998). En el ciclo primavera-verano del 2003 se sembraron en la región un total de 21,736 hectáreas de maíz forrajero, de las cuales 14,380 fueron de bombeo y 7,356 con riego por gravedad, con una producción de 954,882 toneladas con un valor de 200 millones 525 mil 220 pesos (SAGARPA, 2003).

Una cualidad sobresaliente del maíz forrajero es su eficiencia en uso de agua, por lo que se le considera un componente del patrón de forrajes en la Comarca Lagunera. Además este cultivo sembrado temprano en primavera y cosechado 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).

4.1.4. Clasificación Taxonómica.

El maíz es un planta con múltiples clasificaciones; taxonómicamente se clasifica como angiosperma, monocotiledónea y se ubica dentro de la familia de las gramíneas.

Cuadro. 1. Clasificación Taxonómica de maíz (Reyes, 1990).

Clasificación	Ejemplo	Características distintivas
Reino	Vegetal	Planta anual
Subdivisión	Pterapsidae	Producción de flores
Clase	Angiosperma	Semilla cubierta
Subclase	Monocotiledoneae	Cotiledón único
Orden	Graminales	Tallos con nudos prominentes
Familia	Gramineae	Grano – Cereal
Genero	Zea	Único
Especie	Mays	Maíz común
Variedades	Polinización	Clima frío, caliente, húmedo
Líneas puras	T2	interviene en todos los híbridos

4.1.5. 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 el almidón, depositado en órganos especializados, los granos. El desarrollo de la planta se puede dividir en dos fases fisiológicas (Reyes, 1990).

En la 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 la segunda fase se desarrollan las hojas, órganos de reproducción; y termina con la emisión de estigmas. La fase de reproducción, inicia con la fertilización de las estructuras femeninas que se diferenciarán en espigas y granos. La etapa final de esta fase se caracteriza por el incremento de peso de hojas y otras partes de la flor, durante la segunda etapa, el peso de grano aumenta con rapidez, alcanzando su madurez fisiológica cuando el grano termina su completo desarrollo; es decir, cuando el grano pierde humedad, ya no crece e incluso se puede caer de la planta o desgranarse; al cosecharlo, el grano germina, debido a que la semilla tiene completamente formadas todas sus estructuras (Reyes, 1990).

Existe una fuerte relación entre productividad y duración del área verde de la planta, ya que esta produce materia seca a través de la fotosíntesis y captura la radiación por las hojas verdes. Además las hojas son la parte más importante del aparato fotosintético de la planta. El índice del área foliar (IAF) representa el área foliar de la planta que ocupa una superficie de terreno. Estudios fisiológicos visualizan que el rendimiento de un cultivo depende del tamaño y eficiencia del sistema fotosintético de la planta. La importancia del Índice del Área Foliar (IAF) en la tasa de crecimiento de un cultivo se basa principalmente en la intercepción de luz. El óptimo del (IAF) se presenta cuando casi toda la luz disponible es interceptada y la relación de fotosíntesis-respiración es máxima. La duración del (IAF) depende del genotipo, fotoperíodo, temperatura y condiciones del cultivo (Bolaños y Edmeades, 1993).

4.1.6. Fisiología del Maíz.

El ciclo vegetativo del maíz varía según las variedades, existen algunas precoces con alrededor de 80 días hasta las más tardías con alrededor de 200 días de siembra a cosecha (Robles, 1990).

La madurez fisiológica del maíz se alcanza cuando el grano termina su completo desarrollo; es decir, el grano pierde humedad, y ya no crece e incluso puede caerse o desgranarse de la planta; al cosecharlo, el grano germina, ya que tiene completamente formadas todas las estructuras de la semilla (Reyes, 1990). La capa negra y la línea de leche son indicadores confiables que en forma práctica estiman en el campo la madurez fisiológica del maíz. El contenido de materia seca de grano varía de 58% a 70% con la desaparición de la capa negra y el desvanecimiento prematuro de la misma tiene la posibilidad de ocurrir debido a un clima frío (Reyes, 1990).

4.1.7. Características de una Planta Forrajera Ideal.

Una planta forrajera ideal debe tener fácil ruptura de la epidermis, tejidos vasculares, concentraciones elevadas de carbohidratos no estructurales, contenido de minerales óptimos y concentraciones elevadas de proteínas totales con cantidades suficientes de metionina y nitrógeno no degradable en el rumen. Un ideotipo de maíz para ensilado debe producir una cantidad máxima y estable de materia orgánica digestible, ser fácil de cosechar y conservarse, apetecible, tener un consumo elevado y ser utilizado eficientemente por el animal (Striuk y Deinum, 1990).

Las características de un híbrido ideal de maíz forrajero deben ser 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, 1986). En México existe poca información acerca de clasificaciones de la calidad del maíz para forraje. Una clasificación de este forraje considera como criterios la concentración de fibra detergente neutra, fibra detergente ácido (FDN, FDA), la energía neta de lactancia (ENL) y la digestibilidad *in Vitro* de la materia seca, por lo tanto un maíz para ensilado de alto valor nutritivo debe ser baja concentración en fibra, alta digestibilidad y mayor contenido de energía (Herrera, 1999).

Cuadro.2. Criterios para la clasificación de los maíces para forraje producidos bajo condiciones de la Comarca Lagunera (Herrera, 1999).

Concepto	Calidad Baja	Calidad Mediana	Calidad Alta
FDN (%)	> 60	de 52 a 60	< 51
FDA (%)	> 35	de 30 a 35	< 29
EN ₁ (Mcal/kg ⁻¹)	> 1.3	de 1.31 a 1.48	> 1.50
DIVSMS (%)	> 60	de 61 a 67	> 68

FND = Fibra Detergente Neutra, FDA = Fibra Detergente Ácida, ENI = Energía Neta de Lactancia, DIVSMS = Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

4.1.8. Calidad Nutricional del Maíz.

El valor nutritivo de un forraje es una expresión del potencial del animal para producir, 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 retención de nutrientes, es determinada en 70% por el consumo de alimento y 30% por la digestibilidad y eficiencia con que se aprovecha el alimento consumido. El valor nutritivo influenciado por factores relacionados con la planta y factores relacionados con los animales. En los primeros se encuentran el clima, suelo, plagas, enfermedades, genotipo, parte de la planta y madurez. En los factores relacionados con el animal se mencionan raza, sexo, talla, condición corporal y edad, entre otros (Marten, 1985).

4.1.9. Energía Neta de Lactancia.

La energía se expresa como Energía Metabolizable (EM) o Energía Neta de Lactancia (ENL); ambas se expresan como mega calorías/kilogramo de materia seca. La energía depende del contenido de FDA. A mayor FDA, menor energía en el forraje.

En el siguiente cuadro se muestran valores medios de la composición de ensilajes de maíz y heno de alfalfa de buena calidad. Ambos pueden considerarse como referencia para comparar las cifras obtenidas en otros análisis. Adicionalmente en el mismo cuadro se muestran los requerimientos nutritivos para vacas de 600 kg de peso vivo que producen 30 kg. de leche/ día; de donde se deduce que ninguno de los dos forrajes satisface esos requerimientos, por lo que tendrá que recurrirse a una combinación de ambos y la inclusión de concentrados.

Cuadro 3. Requerimientos nutritivos de vaca de 600 kg. de peso vivo y 30 kg. de leche/día y aporte de dos tipos de forraje producidos en la región

MS (%)	Pt (%)	FDA (%)	ENL (&)	EM (&)
---------------	---------------	----------------	--------------------	-------------------

Requerimiento vaca 30 kg. Leche/día		16	21	1.6	2.7
Ensilaje de Maíz	30.4	7.3	29.0	1.5	2.6
Heno de alfalfa	89.2	18.1	32.4	1.4	2.3

La energía y la proteína requerida para producción de leche es calculada, de acuerdo a la producción actual y sus componentes. La proteína cruda en leche es convertida a proteína verdadera según la expresión: “% proteína cruda * 0,93”. Si no se tienen los valores de proteína y grasa en leche, el CNCPS, calcula los requerimientos con valores por defecto. La energía metabolizable para leche se calcula de la energía en leche con una eficiencia de 0,644.

4.1.10. 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 porcentaje de materia seca (% MS) (Castellanos *et al.*, 1990). La digestibilidad de la materia se relaciona positivamente con el porcentaje de mazorca (forma sencilla de expresar el contenido de grano), y negativamente con las concentraciones de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina (Herrera, 1998).

Estudios realizados en la Comarca Lagunera han encontrado valores de digestibilidad en forraje de maíz de 56 a 68 % y 44 a 50% para rastrojo de maíz en Guerrero., México, (Núñez *et al.*, 1999; Herrera *et al.*, 1997). Una estrategia para incrementar el contenido de energía de los ensilados es elevar la altura de corte de tal manera que permita aumentar la relación grano-forraje. En cada 15.0 cm. en aumento

de la altura de corte se pierde una tonelada de forraje seco por hectárea, mismo que tiene una baja calidad nutricional, según (Kezar 1998) citado por (Núñez, et al., 2003).

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

La digestibilidad de la materia orgánica puede disminuir al aumentar la producción de materia seca. Sin embargo, el valor energético de la planta de maíz, parece ser en gran medida independiente en el momento de cosecha (Broster, 1983).

4.2. Factores que determinan la Producción y Calidad Nutricional del Maíz.

4.2.1. Temperatura.

El cultivo de maíz presenta problemas cuando la temperatura promedio es inferior a 18.9 °C durante el día y de 12.8 °C durante la noche (Reyes, 1990). Si el maíz sufre temperaturas bajas durante la formación del grano, la actividad fotosintética disminuye rápidamente y el rendimiento de la planta entera evoluciona lentamente alcanzando un 25 a 27% en su contenido de materia seca, lo cual 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 (plantas sin mazorca) a causa del incremento del contenido de las paredes celulares. Así mismo las heladas tienden a lixiviar el contenido celular por la ruptura de la misma reduciendo la solubilidad de carbohidratos y nitrógeno (Coors *et al.*, 1994).

4.2.2. Radiación Solar.

La radiación solar a través de la fotosíntesis, es la fuerza que determina el límite superior de productividad, en un sentido directo. La temperatura y lluvia juegan un papel principal como moderadores en la determinación potencial de productividad que se tiene en una región. Adicionalmente, parte del espectro de la radiación modifica los procesos productivos de crecimiento, por ejemplo morfogénesis la cual da forma a la planta. Estos factores morfogénicos incluyen ramificaciones, elongación de entre nudos, expansión de hojas y floración de especies sensibles a fotoperíodo (Nelson y Moser, 1994).

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

La alta intensidad de luz reduce la producción de materia seca, particularmente la fracción de grano, pero tiende a promover el incremento del valor nutritivo en rastrojo de maíz o la reducción de concentración de los contribuyentes totales de la pared celular (Coors, et al., 1994).

4.2.3. Viento.

La velocidad del viento afecta el comportamiento de los forrajes, a mayor viento más es la evaporación provocando el aumento de la demanda de agua por las plantas, especialmente si esto ocurre en el periodo de polinización y llenado de grano, (Herrera, 1999).

4.2.4. Fotoperíodo.

Se considera que el maíz es una planta insensible al fotoperíodo, debido a que se adapta a regiones de fotoperíodo corto, neutro o de fotoperíodo largo. Sin embargo, los mayores rendimientos se obtienen de 11 a 14 horas luz (fotoperíodo largo) de lo antes indicado, si son excesivas afectan el desarrollo normal del maíz y principalmente afecta a la floración disminuyendo en ambos casos el rendimiento (Raúl, S. R. 1983).

La variación estacional de la luz afecta la calidad del forraje. El cosechado en primavera, así como al final del verano u otoño, tiene mayor contenido de hojas y proteínas, que el producido en el verano, considerando que todos tienen el mismo estado de madurez. Una disminución de un 30 a 40% en la intensidad de la luz produce un retraso en la madurez de 5 a 6 días. Las variedades tardías son más sensibles a la falta de luz (Llanos, 1984).

4.2.5. Precipitación.

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

4.2.6. Evaporación.

Los factores que afectan la evapotranspiración incluyen la etapa del crecimiento vegetal o el nivel de la madurez, porcentaje de la cubierta del suelo, radiación solar, humedad, temperatura, y viento. La ecuación más utilizada para calcular ET (Evapotranspiracion) es la Ecuación de Penman. La Ecuación más simple es la de Blaney-Criddle utilizada por muchos años en Estados Unidos en regiones con humedad muy alta. Otras soluciones usadas incluyen Makkink, que es simple pero se debe calibrar a un lugar específico

4.2.7. Factores Edáficos.

El suelo es importante por su textura, estructura, contenido de elementos orgánicos e inorgánicos como fuente de nutrientes, humedad, aireación, temperatura, flora microbiana, conductividad eléctrica y su capacidad de intercambio catiónico (Robles, 1990). Estos factores están relacionados con la capacidad del suelo para proveer a la plantas las condiciones necesarias para crecer, y producir la cantidad y calidad de forraje esperada (Núñez, 1998).

4.2.8. Preparación del Terreno.

La siembra de maíz incluye un barbecho de 30 cm. de profundidad (necesario después de la alfalfa) rastreo doble, nivelación con pendiente de 2 cm. por cada 100 metros. Con método convencional o equipo con rayo láser y trazo de riego. Cuando se va a sembrar maíz en verano como segundo cultivo, se puede eliminar el barbecho, aplicar riego y sembrar en seco en un suelo adecuadamente rastreado y nivelado (Reta, *et al.*, 2002).

4.2.9. Densidad de Población.

Resultados de investigación y validación obtenidos en la Región Lagunera durante los ciclos 2000 y 2001, indican que el uso de genotipos tolerantes a altas densidad de población (86 a 112,000 plantas por hectáreas), y el uso de surcos estrechos permiten obtener un incremento promedio en rendimiento de forraje seco de 17 %, sin disminuir la calidad del forraje (Reta, *et al.*, 2002).

En investigaciones realizadas con dos híbridos para evaluar efectos de la irregularidad en el espaciamiento entre plantas en la línea de siembra sobre el rendimiento de maíz durante el ciclo agrícola 2002 - 2003, se concluye que.

El uso de alta densidad de población y adecuada distribución de plantas en el terreno, incrementan el rendimiento de los cultivos por unidad de área.

Resultados de investigación obtenidos en el Campo Experimental La Laguna indican que los mejores rendimientos se obtienen con una densidad de población de 86 a 112 mil plantas por hectárea al sembrar en surcos con una separación de 38 a 60 cm, con incremento en el rendimiento de forraje seco de 3 ton ha¹. Cuando el productor utilizó genotipos tolerantes a alta densidad de población en densidades de 60 a 70 mil plantas/ha, con la tecnología de surcos estrechos de 86 a 112 mil plantas por hectárea, se obtuvo un incremento en el rendimiento de forraje seco de 3.9 ton/ha. Los resultados de la investigación fueron validos en terrenos de productores de la región durante los ciclos 2000 y 2001.

Cuadro 4 Distancia entre plantas y densidades de población. (INIFAP-CIRNOC-CELALA.).

Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas		
	90,000 plantas/ha	100,000 Plantas/ha	112,000 plantas /ha
38	29.2	26.3	23.5
50	22.2	20.0	17.8
60	18.5	16.7	14.9

Se ha observado que el rendimiento de materia seca por hectárea aumenta con densidades mayores de 80 mil plantas/ha⁻¹, principalmente en híbridos que tienen hojas erectas, la producción de grano por hectárea disminuye o se mantiene y la digestibilidad se reduce. En base a la mayoría de estudios sobre este tema, se recomienda utilizar una densidad de alrededor de 80 - 90 mil plantas por hectárea para la producción de ensilado de alto valor nutritivo que se vayan a emplear en la alimentación de vacas lecheras (Núñez y Faz, 2003).

En surcos estrechos es recomendable utilizar solo genotipos tolerantes a alta

densidad de población. Las características que presentan estos genotipos son una alta proporción de grano (40 - 50 %), bajo porcentaje de plantas estériles, resistencia al acame, altura intermedia (2.20 – 2.80 m), ciclo precoz o semiprecoz, hojas erectas y semierectas (Reta *et al.*, 2002).

4.3. Riegos.

Para un uso eficiente del agua disponible es necesario conocer el requerimiento de agua del cultivo o evapotranspiración, (Faz, Núñez y Contreras, 2003). Los mayores rendimientos se obtienen con la aplicación de un riego de presembrado de una lámina de 18 a 20 cm. y cuatro riegos de auxilio con láminas de 12 a 15 cm. Es posible obtener buen rendimiento con la aplicación de tres riegos de auxilio, sin embargo frecuentemente se presenta una reducción del rendimiento de 20 a 30 %, en función de las condiciones del año.

4.3.1. Disponibilidad y Calidad del Agua.

El riego además de ser costoso, puede generar problemas como carga de minerales en el agua que se añaden al suelo en cada riego (Herrera, 1999). La falta o exceso de agua tiene impacto sobre el rendimiento y calidad del forraje. El estrés por sequía provoca la disminución de crecimiento de la planta. Las plantas que no sufren este tipo de estrés tienen más hojas, tallos finos, menos fibrosos y más digestibles. El estrés severo por sequía ocasiona la pérdida de hojas y calidad del forraje (Medina, 1997).

Una deficiencia de humedad en el periodo de formación o llenado de grano puede que no provoque una disminución en términos de producción de forraje seco pero si afecta la calidad del mismo, incrementado la fibra detergente neutra y disminuyendo la energía neta de la materia seca (Faz *et al.*, 1999).

El rendimiento y calidad de diferentes híbridos de maíz disminuyen cuando no

reciben el riego al momento de llenado de grano, (Núñez, *et al.*, 1999). El periodo de gran sensibilidad es de 20 a 30 días antes de la floración y de 10 a 15 días después, la falta de agua reduce el crecimiento del aparato vegetativo, y glúcidos almacenados en el número de granos por espiga (Cañeque y Sancha, 1998).

4.3.2. Importancia del agua en la planta.

El agua es importante debido a que tiene varias funciones esenciales en la planta. La primera función es como constituyente, en la mayoría de sus órganos dentro de la planta, el agua representa más del 90% del peso fresco de la planta.

Otra función importante del agua en la planta, es como reactivo de los procesos fisiológicos, como fotosíntesis y procesos hidrolíticos tales como la digestión del almidón, actúa como solvente, en el cual los minerales, gases y otros solutos entran en la planta y se mueven de célula a célula y de órgano a órgano; otro papel del agua es mantener la turgencia de los tejidos de la planta, lo cual es indispensable para el crecimiento y formación de la hoja, nuevos brotes y otras estructuras lignificadas, juegan un papel importante en la apertura de estomas y movimiento de hoja, parte de las flores y otras estructuras de la planta las cuales son controladas por cambios de turgencia (Kramer., 1976).

4.4. Sistema de aplicación con presión con baja energía (Sistema LEPA).

Los sistemas de aplicación con presión con baja energía (LEPA por sus siglas en inglés) son similares a los sistemas de riego de movimiento lineal. Se equipa la tubería lateral con tubos de goteo y dispositivos de emisión por orificio de muy baja presión que descargan el agua por encima exactamente de la superficie del suelo a los surcos. El riego con alta eficiencia es posible, pero requiere velocidades de infiltración muy altas por parte del suelo a fin de evitar que el agua escurra a que no hay a uniformidad a lo largo del surco (Salomón, K. H., 1988).

4.4.1. Riego por pivote central y su sistema LEPA (Low Energy Precisión Application) en maíz forrajero.

Una alternativa para incrementar la eficiencia, y aprovechamiento del agua en el cultivo del maíz forrajero, es utilizar un sistema de riego que transporte y suministre determinadas cantidades de agua sobre la superficie del suelo en función de la demanda del cultivo como es el sistema LEPA. En este sistema se puede manejar un régimen de bajo volumen, baja presión y ahorro de energía. Comparando el LEPA con pivotes centrales de equipo convencional, por lo menos el 20% o más del agua llegará a los cultivos. Asimismo, el agua descargada al surco cubrirá una menor área de suelo. Es muy probable que ocurra escurrimiento, especialmente en suelos arcillosos, a menos que se tracen surcos con bordos profundos o cualquier otra práctica para mejorar la infiltración del agua. El pivote se tendrá que mover a mayor velocidad, para compensar el agua adicional que alcanza el suelo.

Los surcos con bordos transversales son uno de los métodos más efectivos para reducir pérdidas por escurrimiento. Práctica de labranza mecánica que consiste en colocar montículos de suelo a lo largo del surco a ciertos intervalos para que se estanque el agua. El agua de lluvia o de riego es atrapada y se conserva en los pequeños almacenamientos hasta infiltrarse.

Estas prácticas reducen escurrimientos e incrementan los rendimientos agrícolas (Jones y Clark, 1982; Lyle y Dixon, 1977, Gerard 1987).

Otro método para reducir escurrimiento y mejorar la distribución del agua en el suelo es el cultivo en círculos, tanto para LEPA como para sistemas de pivote central convencionales. Cuando los cultivos se plantan en círculo, el pivote nunca descarga toda el agua en pocos surcos. Se recomienda la programación de riegos usando instrumentos de monitoreo (tensiómetros o bloques de resistencia). Para monitorear la operación del sistema y asegurar que se entrega la presión adecuada, se instala un medidor de presión en la última caída al final de la línea principal. Los reguladores de

presión de 6 psi usados con la mayoría de los cabezales LEPA requieren por lo menos una presión de entrada de 62 KPa (9 psi) para operar adecuadamente.

4.4.2. Rendimiento utilizando LEPA y los sistemas con equipo convencional en el mismo pivote.

En áreas con escasez de agua para riego los rendimientos son mayores cuando se utiliza LEPA que otros sistemas con equipo convencional, debido a que el cultivo recibe mayor volumen de agua. Por su parte, en donde el agua no es limitante, se alcanzan rendimientos de maíz similares, aplicando sólo del 67 a 80% del agua aplicada por métodos convencionales. (Lyle y Bordovsky 1981).

4.4.3. Conversión al sistema LEPA.

Las caídas de LEPA se realizan cada tercer surco. El surco libre sin embargo, se ajusta cerca de las torres para dejar una caída fuera de los carriles y así no mojarlos. En el cultivo de granos y vegetales las caídas se hacen a cada surco. A continuación se dan algunos lineamientos para adaptar a sistemas LEPA (New y Fipps, 1990).

El espaciamiento entre surcos terciados es menor que el espaciamiento entre surcos usados con otros tipos de sistemas de aspersión de pivote central. Por esto se requirieron mas caídas (y salidas en la línea principal) para el pivote. Para acomodar las salidas adicionales requeridas por LEPA, los fabricantes de pivotes centrales ofrecen ahora caídas espaciadas entre 1.5 ó 2 m (60 a 80 pulgadas) en la línea principal. Cualquier espaciamiento se ajusta convencionalmente en tramos de 48 m de longitud. Esta longitud y espaciamiento facilitan el cultivo en círculo. Un “cuello de ganso” regular o brazo de surco se conecta a la salida de la línea principal. Los cabezales de LEPA se fijan a una manguera flexible que se conecta a una caída rápida estándar o directamente al cuello de ganso.

Las salidas de agua en las líneas principales de los pivotes centrales existentes están espaciadas usualmente entre 2.6 y 3 m. Debido a que las caídas de LEPA están colocadas en el tercer surco (usualmente de 5 a 6 pies de separación), se requiere tubería adicional. La conversión a LEPA puede lograrse con uno de dos métodos: 1) usando salidas con codos, piezas T y abrazadera, o 2) agregando salidas adicionales.

El modo de aspersión horizontal se diseñó para pre-riego, germinación de semilla, aplicación de herbicidas y aplicación de agroquímicos en cultivos de follaje alto. El modo de aplicación de agroquímicos se diseñó para rociar la mezcla agua/agroquímicos en cultivos altos como el maíz. Una ventaja para aplicación de agroquímicos es que se pueden rociar fácilmente las hojas por su parte inferior.

4.4.4. Ventajas del sistema LEPA.

Los aspersores convencionales que generalmente rocían grandes cantidades de agua en el aire son altamente susceptibles al arrastre por el viento y pérdidas por evaporación. El arrastre por viento, provoca patrones de distribución del agua pobres lo que podría conducir a pérdida de agua por drenaje o percolación profunda. En cambio, el método LEPA junto con la formación de diques en los surcos, elimina el arrastre por viento y disminuye el drenaje. La tasa de evaporación en aspersión, la cual es dependiente de la velocidad de viento, temperatura y humedad relativa puede también ser alta con los sistemas de aspersión convencional. El riego con el sistema LEPA elimina evaporación al usar borboteadores más que una aspersión. (Schneider, 1999)

V. MATERIALES Y METODOS.

El trabajo experimental se desarrolló durante el ciclo agrícola primavera – verano en el ejido Tanque Nuevo Municipio de Cuatro Ciénegas Coahuila; Ubicado a 26°34´ Latitud Norte y 102°12´31´´ Longitud Oeste. Esta investigación se realizó mediante un

convenio establecido entre la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y el CELALA INIFAP.

5.1. Preparación del terreno y prácticas de cultivo.

La preparación del terreno incluyó barbecho, rastreo, nivelación, trazado de surcos y después de emergencia de la semilla se realizó el entarquinado dentro de las corrugaciones, con el propósito de lograr una mayor acumulación de agua sobre la superficie y evitar el escurrimiento. Las corrugaciones se hicieron a una distancia de 0.75 m. con una densidad promedio de 93,000 semillas por hectárea.

5.2. Siembra.

La fecha de siembra se inicio a partir del día 26 de julio en tierra venida. Se utilizaron tres pivotes centrales y tres genotipos de Maíz forrajero que son: OSO, DK2020 y DK 2002 la distancia entre planta y planta fue de 15 cm. en una superficie de 70 – 00 –03 has por pivote.

5.3. Tipo de suelo.

El tipo de suelo que predomina en la región es calcáreo con grandes cantidades de carbonatos y déficit de Fósforo

5.4. Riegos.

Se realizó un riego de presiembra en toda el área para obtener un buen colchón de humedecimiento, y lograr buena germinación, los riegos posteriores se programaron de acuerdo a la evaporación potencial (ETo) durante el desarrollo del cultivo (UC), utilizando una estación meteorológica colocada dentro del Rancho.

5.4.1. Sistema de riego.

El sistema de riego por pivote central constó de una tubería principal en los 2 primeros rodados la tubería fue de 8" en los siguientes 3 rodados la tubería fue de 6" y en los 3 rodados restantes fue de una tubería de 4". La distancia del punto principal hasta el último bastón regante fue de 470 m. La separación de cada bastón fue de 1.50 m y a una distancia de .40 m sobre la superficie del suelo, también se hicieron cambios en las diferentes tipos de boquilla para este sistema.

5.5. Plagas.

Las principales plagas que se detectaron durante el desarrollo del cultivo fueron el Gusano Cogollero, barrenador, palomilla, y diabrotica. Para su control se aplicó Clorpirifos y Cipermetrina utilizando una dosis de 2 litros por hectárea. Y la combinación de 1 litro de clorver y 1 litro de citrin por hectárea respectivamente. Esta solución se aplicó directamente en el pivote central y su sistema LEPA mediante una bomba de inyección.

5.6. Fertilización.

La fertilización consistió en aplicar Nitrógeno y Fósforo a partir de la 2 semana después de la siembra y a los 23 días después de emergencia, utilizando la dosis de 220-80-00. La aplicación se realizo directamente a las conexiones del pivote central utilizando una bomba de inyección de pistones y un recipiente de 2500 litros. Este procedimiento se llevó acabo en las tres variedades de maíz forrajero.

5.7. Diseño experimental.

Se utilizó el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de 6 corrugaciones tomando una longitud de 10 metros. Los resultados fueron analizados estadísticamente de acuerdo a los procedimientos descritos por (Steel y Torrie 1989). Las medias se compararon mediante la prueba de la diferencia mínima significativa solo cuando existió diferencia significativa entre híbridos en el análisis de varianza.

5.8. Variables evaluadas.

5.8.1. Materia Seca.

La materia seca se determinó en plantas cortadas en 6 mts. de longitud y 4 surcos centrales desde la base del tallo. Las plantas cortadas se picaron manualmente separando las partes de la planta en hoja, tallo, espiga, mazorca y hoja de mazorca, para posteriormente depositarlas en bolsas de papel perforadas, y ser secados a 75 °C en una estufa de aire forzado por un periodo de 72 hrs., obteniendo un secado uniforme, posteriormente se pesaron en una balanza para obtener el peso seco y así calcular el % de materia seca

El porcentaje de MS se obtuvo al aplicar la siguiente ecuación:

$$\% MS = (P_s / P_f) * 100$$

Donde:

MS= Contenido de materia seca (%).

PS= Peso de la muestra en seco (g).

Pf = Peso de la muestra en fresco (g).

5.8.2. Rendimiento de Forraje Verde.

El rendimiento de forraje verde se obtuvo en cada parcela útil, cortando las plantas comprendidas en 6 metros de longitud y abarcando 4 surcos centrales. A todas estas plantas se determinó el peso fresco (Kg/ m^2) el cual posteriormente fue convertido a rendimiento en (ton/ha^{-1}).

5.8.3. Rendimiento de Forraje Seco.

En base al rendimiento de forraje verde (ton / ha^{-1}) y el % de materia seca se determinó el rendimiento de forraje seco por hectárea de cada parcela de la siguiente manera:

$$RFS = RFV * \% MS$$

Donde:

RFS = Rendimiento de Forraje Seco.

RFV= Rendimiento de Forraje verde.

MS = Materia Seca.

5.9. Eficiencia en Uso de Agua.

La eficiencia en uso de agua se determinó dividiendo el forraje seco en kilogramos y el volumen de agua en metros cúbicos aplicados por hectárea de la siguiente manera.

$$EUA = \frac{FS}{V}$$

Donde:

EUA = Eficiencia en el uso del agua (kg/m³)

FS = Forraje seco

V = Volumen de agua.

Cuadro 5. Eficiencia en uso de agua en tres híbridos de maíz forrajero evaluados en el ejido Tanque Nuevo municipio de Cuatro Ciénegas Coahuila.

Hibrido	FS (Kg)	Volumen de Agua (m ³ /ha)	EUA (kg/m ³)
OSO	14700	5044	2.91
DK 2020	15100	5036	2.99
DK 2002	13800	4861	2.83

5.10. Calidad de Forraje

El análisis de calidad de forraje se realizó en muestras de cada tratamiento en cada repetición. Muestras representativas, los cuales se mandaron al laboratorio Bromatológico para su análisis. Los análisis fueron efectuados en el laboratorio del Campo Experimental de La Laguna ubicado en el Municipio de Matamoros Coahuila. El método del análisis fue: Espectrofotómetro de Rayo Cercano a Infrarrojo, (NIRS). Con los datos de los resultados obtenidos se realizó un análisis cualitativo entre tratamiento.

5.11. Cosecha.

La cosecha del maíz se realizó cuando alcanzó un tercio en la línea de leche que corresponde cuando la materia seca de la planta equivale al 32%. Al mismo tiempo que se realizó la cosecha, se tomó una muestra representativa de un kilogramo para determinar la materia seca a 75 °C. En el laboratorio se determinó la concentración de proteína cruda (PC) de acuerdo a la (AOAC 1984) y la fibra detergente neutra (FDN) y la digestibilidad *in vitro* (DIV) de acuerdo a los procedimientos descritos por (Goering y Van Soest 1970).

5.11.1. Determinación de materia seca.

Se realizaron muestreo de plantas en un metro lineal cortadas desde la base del tallo con intervalos de 8 a 15 días y se secaron a 75 °C en la estufa durante 24 horas, hasta alcanzar peso constante posteriormente estas plantas fueron pesadas para obtener el peso seco y calcular el porcentaje de materia seca de la planta completa.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

6.1. Rendimiento del forraje.

En el cuadro 6, se presentan los datos de forraje verde y seco, así como el porcentaje de materia seca y de mazorca al corte para los diferentes híbridos estudiados. Se puede observar en el cuadro, que con relación a la producción de forraje verde el análisis estadístico no detectó diferencia entre híbridos por lo que el

rendimiento de forraje verde expresado en ton ha^{-1} en la variedad OSO, DK 2020 y DK 2002 fueron estadísticamente iguales. Sin embargo, se observa en este mismo cuadro que los híbridos DK 2020 y OSO que produjeron 56.5 y 55 ton ha^{-1} , respectivamente fueron ligeramente superiores a DK-2002 que obtuvo una producción de 53 ton ha^{-1} .

Forraje Seco.

En la producción de forraje seco, se observó la misma tendencia encontrada en forraje verde, es decir, no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos Cuadro 6. El rendimiento varió de 13.8 a 15.1 ton ha^{-1} , los híbridos DK 2020 y OSO, registraron rendimiento superior a los 14.0 ton ha^{-1} . OSO y DK 2020 fueron estadísticamente iguales y superiores a DK 2002.

Porcentaje de Mazorca.

En porcentaje de mazorca, si se detectó diferencia estadística entre tratamientos, siendo superior el híbrido DK 2020 al DK 2002 y OSO, los cuales a su vez fueron estadísticamente iguales entre sí Cuadro 6. El rango observado fue de 42 a 51.8 %, lo que significa que el híbrido DK 2020 de la materia seca total producida distribuye un poco más del 50% a mazorca lo que le da mejor calidad al forraje que se produce en este híbrido. Lo anterior coincide con lo encontrado por (Núñez y Faz 2004) quienes confirman que el híbrido DK 2020 puede alcanzar valores de porcentaje de mazorca de cerca del 52%.

Cuadro 6. Producción de forraje verde y seco, porcentaje de materia seca y de mazorca en tres híbridos de maíz forrajero. Ejido Tanque Nuevo municipio de Cuatro Ciénegas 2006.

Híbrido	FV (ton ha^{-1})	(%) MS (ton ha^{-1})	FS (ton ha^{-1})	Mazorca (%)
OSO	55	26.75 a	14.7	42.75 b

DK 2020	56.5	26.75 a	15.1	51.75 a
DK 2002	53	26.12 b	13.8	46.00 b
CV (%)	4.34	1.04		3.32

****=Significativo al 0.05 y al 0.01 de probabilidad; ns = no significativo; FV = Forraje verde; MS = Materia Seca; M = Mazorca.**

6.2. Calidad del forraje.

En el cuadro 7, se presentan los parámetros de calidad como son la proteína cruda, fibra detergente neutra y digestibilidad para los tres híbridos estudiados. En relación a la proteína cruda, se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Los híbridos OSO y DK 2020 fueron estadísticamente iguales entre si y superiores al híbrido DK 2002. Los valores observados varían de 8.8 a 9.27% (Cuadro 7). Los híbridos con concentraciones de proteína cruda mayores a 9.0%, fueron estadísticamente superiores a DK 2002; sin embargo la magnitud de estas diferencias no tiene importancia practica.

6.2.1. Fibra detergente neutra.

En este parámetro de calidad, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre híbridos. Las concentraciones de FDN variaron de 52.9 a 54.1%, lo cual se considera aceptable ya que se encuentra dentro del parámetro establecido.

6.2.2. Digestibilidad invitro.

Los resultados en digestibilidad muestran diferencias estadísticas entre variedades la variedad OSO presento mayor DIV que las variedades DK 2020 y DK 2002 siendo esta 1.65% más alta que la variedad DK 2020 y 3.49% mejor que la variedad DK 2002. (Cuadro 7).

La digestibilidad invitro de los híbridos varió de 70.52 a 73.07%. Los híbridos sobresalientes estadísticamente fueron OSO y DK 2020 que tuvieron valores superiores a 72% y superan al híbrido DK 2002.

Cuadro 7. Proteína Cruda, Fibra Detergente Neutra y digestibilidad invitro en tres híbridos de maíz forrajero. Ejido Tanque Nuevo municipio de Cuatro Ciénegas 2006.

Híbrido	PC (%)	FDN (%)	DIV (%)
OSO	9.12 a	52.9	73.07 a
DK 2020	9.27 a	53.7	71.87 ab
DK 2002	8.80 b	54.1	70.52 b
CV (%)	1.61	3.73	1.43

* **=Significativo al 0.05 y al 0.01 de probabilidad; ns = no significativo; PC = Proteína Cruda; FDN = Fibra detergente Neutra; DIV = Digestibilidad Invitro.

VII. CONCLUSIONES.

- En porcentaje de mazorca el híbrido DK 2020 fue superior a los híbridos OSO y DK 2002. El rango observado fue de 42 a 51.8 %, lo que significa que el híbrido DK 2020 de la materia seca total producida distribuye más del 50% a mazorca lo que le da mejor calidad al forraje que se produce en este híbrido.

- En rendimiento de forraje verde y seco se fueron similares los tres híbridos. Es decir no se detectaron diferencia mínima significativa.
- En contenido de materia seca a la cosecha, las variedades OSO y DK 2020 fueron estadísticamente iguales pero superiores a DK 2002.
- En fibra detergente neutra no se detecto diferencia estadística entre híbridos. Las concentraciones de FDN variaron de 52.9 a 54.1%.
- La digestibilidad invitro de los híbridos varió de 70.52 a 73.07%. Los mejores híbridos fueron OSO y DK 2020 que tuvieron valores superiores a 72% y superando al híbrido DK 2002.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

Anuario del Maíz (La Nueva Era en la Agricultura) Edición Especial de Meister Publishing. Primavera 1999.

Bolaños, J. A y Edmeades G.O.1993. La Fenología del Maíz. Síntesis de Resultados Experimentales de Programa Regional de Maíz para Centroamérica y el Caribe. 1992. Editores Técnicos. Pp.251 – 261.

- Broster, W. H. 1983. Estrategias de Alimentación para Vacas Lecheras de Alta Producción AGT Editor, S. A. de C. V. México. Pp 237-240.
- Bynum JR., E. D; Archer, T. L.; Lyle, W. M. y Bordovsky, J. P., Chlorpyrifos application for greenbug (Homoptera: Aphidae) control with a new multifunctional irrigation system J. Econ. Entomol. Vol 81(6), 1988, Pp. 1781-1784.
- Cañeque, M. V. y Sancha S. J. L., 1998. Ensilado de Forrajes y su Empleo en la Alimentación de Rumiantes. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España. Pp. 151-167.
- Castellanos, R. A., Llamas LI. G y Shimada A. S. 1990. Manual de Técnicas de Investigación en Ruminología. Sistema de Educación de Producción Animal en México A. C. p. 267.
- Coors, J, Carter, P. R., Hunter, R. B. 1994. Silage Corn In: Speciality Cors: Hallauer. A. R. ed. CRC Press INC. Iowa USA. Pp. 305-339.
- FAO. 1999. El Maíz en la Nutrición Humana. Editorial FAO. Oficina Regional de la FAO para América Latina.
- Faz., C. R., D. G. Reta, G. Núñez y E. Contreras. 1998. Manejo Eficiente del riego en la Producción de Maíz Forrajero. Tecnología para aumentar Producción y Valor Nutritivo en Maíz y Sorgo para Forraje. Campo Experimental La Laguna, INIFAP – SAGAR. México. Pp. 9-14.
- Figuroa, V. U. 2003. Fertilización en Maíz Forrajero. Estrategia de Apoyo a la Investigación de Tecnología en Forrajes en la Región Lagunera. México.

- Fipps, G. y New, L. L., Six Years of LEPA in Texas-Less water, higher yields. Proceedings of the Third National Irrigation Symposium, Phoenix, Oct 28-Nov. 1. (ASAE Publication 04-90), 1990.
- Gargicevich, A. 2003. Efecto de la Irregularidad en el Espaciamiento Interplantas en la Línea de Siembra Sobre el Rendimiento del Maíz. Wigand, Santa Fe. Argentina.
- Gerard, C. J., Furrow diking and subsoiling studies in the Rolling Plains. Bulletin B-1585. Texas Agricultural Experiment Station, 1987.
- Godoy A. C., Torres E. C. A., Reyes J. I. y Valdez R. V. M. 1988. Sistemas de Irrigación y eficiencia en uso del agua. Informe Técnico. CELALA INIFAP. Matamoros, Coah.
- Herrera, S. R. 1999. La importancia de la Calidad en los Maíces y sorgos seleccionados para el Forraje y su efecto en la Producción y Costos de Alimentación. En: II Ciclo de Conferencias Internacionales Sobre Nutrición y Manejo. Torreón, Coahuila. México. Pp. 148-157.
- Jaramillo, V., V. 1992 La importancia Forrajera del Maíz. III Simposio Nacional sobre Maíz. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero. SARH., Guadalajara, Jal. México.
- Llanos, M. C. 1984. El Maíz; Su Cultivo y Aprovechamiento. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. Pp. 65-73.
- Lyle, W. M. y Bordovsky, J. P., Low energy precision application (LEPA) irrigation system. Trans. of the ASAE 24(5), 1981, Pp. 1241-1245.
- Lyle, W. M. y Bordovsky, J. P, LEPA irrigation system evaluation. Trans. of the ASAE, 26, 1983, Pp. 776-781.

- Lyle, W. M.; Bynum, JR., E. D.; Bordovsky, J. P. y Archer, T. L., In canopy chemigation with multi-function LEPA irrigation systems. TRANS of the ASAE. Vol. 32(6), 1989, pp. 2009-2014.
- Medina, R. N. 1997. El Efecto de la Calidad de los Forrajes en la Producción de Leche. Primera Demostración Sobre Nutrición Y Manejo de Ganado Lechero. Grupo LALA. Gómez Palacio, Dgo., México. s/p.
- Nelson J. C. and Moser, E. L. 1994. Forage Quality, Evaluation and Utilization. American Society of Agronomy Inc. Wisconsin, USA. Pp. 117.
- New, L. L. y Fipps, G, LEPA Conversion and Management. Texas Agricultural Extension Service Publication B-1691, Texas A & M University System, 1990.
- New, L. L. (editor), Chemigation workbook. Texas Agricultural Extension Service. Publication B-1652, Texas A & M University System, 1990.
- New, L. L.; Knutson, A. y Fipps, G., Chemigation with LEPA center pivots. Proceeding of the Third National Irrigation Symposium, Phoenix, Oct 28-Nov. 1. (ASEE Publication 04-90), 1990.
- Núñez H., G. 1993. Producción, Ensilaje y Valor Nutricional del Maíz para Forraje. El maíz en la Década de los 90's. Primer Simposium Internacional. SARH. Zapopan, Jal., México. Pp. 305-309.
- Núñez, H. G., Faz, C. R. 2003. Manejo de la Fecha de Siembra y Densidad de Plantas en Maíz Forrajero. Estrategia de Apoyo a la Investigación y a la Transferencia de Tecnología en Forrajes en la Región Lagunera. INIFAP. México.

Núñez, H. G., Faz, C. R., Contreras, G. F. 2003. Cosecha del Maíz Forrajero. Estrategia de Apoyo de la Investigación y a la Transferencia de Tecnología en Forrajes en la Región Lagunera. INIFAP. México.

Núñez, H. G., E. Contreras, R. Faz y R. Herrera S. 1998. Cómo Determinar el Momento Óptimo de Corte en Maíz para Ensilaje. En Tecnología para Aumentar Producción y Valor Nutritivo en Maíz y Sorgo para Ensilaje. Campo Experimental La Laguna, INIFAP. México. Pp. 5-8.

Núñez, H. G., Santamaría C. J., Faz C. R., Contreras G.F., Castro M E. y Chev w M. Y. 1999. Resultados de Investigación en Forrajes de Alta Calidad Nutritiva con Condiciones Limitadas de Riego en la Región Lagunera. V Ciclo de Conferencias sobre Nutrición y Manejo, LALA 99. México. Pp. 104-117.

Pinter, L. 1986. Ideal Type of silage Maize Hybrid (*Zea mays* L.). En: O. Dolstra; P. Medema (Eds). Breeding of Silage Maize Proceeding of the 13th Congress of Maize and Sorghum Section of EUCARPIA 1986. Center for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, the Netherland. Pp. 123-130.

Reta, S., David G. et al. Guía para Cultivar Maíz Forrajero en Surcos Estrechos. Junio 2002. CELALA-INIFAP, Matamoros, Coahuila. P. 24.

Robles S., R. 1990. Maíz. Producción de Granos y Forrajes. Quinta Edición. LIMUSA. México. P. 9-52.

SAGARPA, Delegación Laguna. Hectáreas de Maíz Forrajero. Ciclo primavera-verano 2003.42.

Striuk, P. C., EDINUM, B. 1990. The Ideotype for Forage Maize. Proc. XVth Escarpia Maize and Sorghum Section Congreso; June 4-8. Badem Near Viena, Austria. P. 223-234.

Van Soest, P. J. 1998. Calidad de Forraje y Valor Relativo de la Alfalfa Diseases. 2nd. Ed. APS. Press. St. Paúl, Minnesota. Pp. 84.

Vam Soest, P. J. 1994. Nutricional Ecology of the Ruminants. Second Edition. Cornell University Press, Ithaca N. Y., P. 476. Sorgum Section of Escarpia. 9-12