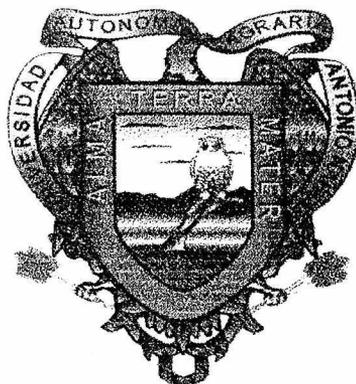


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**PRODUCCIÓN, CALIDAD Y EFICIENCIA EN USO DE AGUA DE MAÍZ  
FORRAJERO BAJO ALTAS DENSIDADES Y RIEGO POR GOTEÓ  
SUBSUPERFICIAL**

Por

***SIMÓN GONZÁLEZ RODRÍGUEZ***

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**Torreón, Coahuila, México**

**Abril de 2004.**

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**PRODUCCIÓN, CALIDAD Y EFICIENCIA EN USO DE AGUA DE  
MAÍZ FORRAJERO BAJO ALTAS DENSIDADES Y RIEGO POR  
GOTEO SUBSUPERFICIAL**

**POR**

**SIMÓN GONZÁLEZ RODRÍGUEZ**

**TESIS**

**Que somete a la consideración del Comité asesor, como requisito  
parcial para obtener el Título de**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**Asesor principal:**

  
\_\_\_\_\_  
Ph. D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

**Asesor :**

  
\_\_\_\_\_  
M.C. PABLO YERCAS CORONADO

**Asesor :**

\_\_\_\_\_  
M.C. ELIGIO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

**Asesor:**

  
\_\_\_\_\_  
M.C. FEDERICO VEGA SOTELO



\_\_\_\_\_  
M. C. J. JAIME LOZANO GARCÍA  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TESIS DEL C. SIMÓN GONZÁLEZ RODRIGUEZ QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**APROBADA POR:**

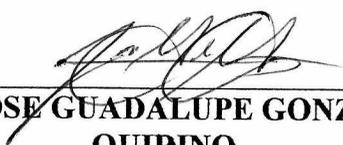
**PRESIDENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**Ph. D. VICENTE DE PAÚL ÁLVAREZ  
REYNA**

**VOCAL**

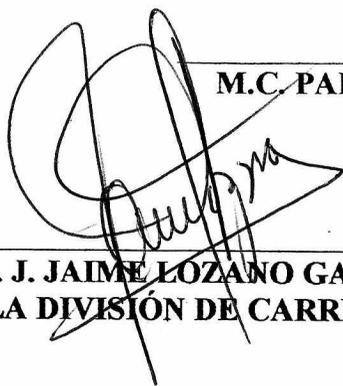
  
\_\_\_\_\_  
**M.C. FEDERICO VEGA SOTELO**

**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. JOSE GUADALUPE GONZÁLEZ  
QUIRINO**

**VOCAL SUPLENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. PABLO YEZCAS CORONADO**

  
\_\_\_\_\_  
**M. C. J. JAIME LOZANO GARCÍA  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas**

**Torreón, Coahuila, México**

**ABRIL DE 2004.**

## DEDICATORIAS

### A DIOS.

Por otorgarme la oportunidad de vivir, por estar a mi lado dándome salud y enseñándome a compartir mi vida con los seres que quiero.

### A MIS PADRES

A la Sra. Claudia Rodríguez López y el Sr. Maximiliano González García, por el infinito amor, cariño y comprensión, que me dan día a día, de todo corazón gracias.

### A MIS HERMANOS

Con todo cariño para ellos, porque me han demostrado que no hay meta inalcanzable, cuando existe el verdadero interés.

### A MI NOVIA

Margarita Peñaira Flores, por el apoyo incondicional, por estar a mi lado en los momentos difíciles y hacer los momentos más hermosos de mi vida.

### A MIS AMIGOS

Florentino, Eduardo, Raymundo, Jaime, e Israel por su gran amistad que me han ofrecido y por el apoyo brindado en mi formación profesional.

### A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS DE LA GENERACIÓN DE IRRIGACIÓN 1999-2003

Eduardo, Maurilio, Fernando, Elvis, Ma. De Lourdes, Edgar M., Juan y Jesús M. por ser excelentes compañeros y amigos, y empujarme hacia delante en los momentos más difíciles.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	Páginas
ÍNDICE DE CUADROS .....	iii
RESÚMEN .....	iv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
III. HIPÓTESIS .....	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
4.1. Generalidades del Maíz Forrajero .....	4
4.1.1. Origen del Maíz Forrajero .....	4
4.1.2. Importancia del Cultivo de Maíz .....	4
4.1.3. Ensilado del Maíz .....	5
4.1.4. Cualidades y Atributos del Maíz Forrajero .....	5
4.1.5. Clasificación Taxonómica .....	5
4.1.6. Descripción Botánica y Morfológica .....	6
4.1.7. Fisiología del Maíz .....	8
4.1.8. Características de una Planta Forrajera Ideal .....	8
4.1.9. Productividad de Maíz para Forraje .....	9
4.1.10. Calidad Nutricional del Maíz .....	10
4.1.11. Digestibilidad .....	11
4.2. Factores que Determinan la Calidad Nutricional del Maíz .....	12
4.2.1. Climáticos .....	12
4.2.2. Edáficos .....	14
4.2.3. Material Genético .....	14
4.2.4. Manejo Agronómico .....	15
4.2.4.1. Preparación del Terreno .....	15
4.2.4.2. Época de Siembra .....	15
4.2.4.3. Método y Densidad de Población .....	16
4.2.4.4. Genotipos .....	18
4.2.4.5. Fertilización .....	19

4.2.4.6. Riegos	20
4.2.4.7. Disponibilidad y Calidad del Agua	21
4.2.4.8. Control de Malezas	21
4.2.4.9. Cosecha	22
4.2.4.10. Etapa de Corte	22
4.2.4.11. Altura de Corte	22
4.2.4.12. Nivel de Producción	23
4.2.4.13. Plagas	23
4.4. Riego por Goteo Subsuperficial en Maíz Forrajero	25
<b>V. MATERIALES Y METODOS</b>	29
5.1. Localización Geográfica del Área de Investigación	29
5.2. Suelo y Topografía de la Región Lagunera	29
5.3. Característica Climáticas de la Región	30
5.3.1. Clima	30
5.3.2. Temperatura	30
5.3.3. Heladas	31
5.4. Localización del Lote Experimental	32
5.5. Características del Lote Experimental	32
5.6. Sistema de Riego	32
5.7. Preparación de Terreno y Prácticas de Cultivo	33
5.8. Diseño Experimental	34
5.9. Parcela Experimental y Útil	35
5.10. Variable Evaluadas	36
5.11. Análisis Estadístico	38
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	39
6.1. Fenología y Rendimiento	39
6.2. Eficiencia en Uso de Agua	43
6.3. Calidad del Forraje	44
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	48
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	49
<b>IX. PÁGINAS WEB CONSULTADAS</b>	56
<b>X. APÉNDICE</b>	57

## ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Clasificación Taxonómica del Maíz -----	6
Cuadro 2. Criterios para la Clasificación del Maíz -----	9
Cuadro 3. Efecto de Precocidad y Densidad de Plantas -----	10
Cuadro 4. Distancia entre Plantas para establecer Maíz -----	18
Cuadro 5. Plagas más Comunes del Maíz y su Combate -----	24
Cuadro 6. Temperaturas de la Comarca Lagunera -----	31
Cuadro 7. Incidencia Mensual de Heladas en la comarca Lagunera en 2002 ----	32
Cuadro 8. Altura de Plantas de Maíz Forrajero del primer muestreo -----	39
Cuadro 9. Longitud de Tallo de Plantas de Maíz Forrajero del primer Muestreo --	40
Cuadro 10. Número de Entrenudos de Plantas de Maíz Forrajero del primer Muestreo -----	40
Cuadro 11. Altura final de Plantas de Maíz Forrajero -----	41
Cuadro 12. Rendimiento de Forraje Verde de Maíz Forrajero -----	42
Cuadro 13. Rendimiento de Forraje Seco de Maíz Forrajero -----	42
Cuadro 14. Eficiencia en Uso de Agua de Forraje verde de maíz forrajero -----	43
Cuadro 15. Eficiencia en Uso de Agua de Forraje Seco de maíz forrajero -----	44
Cuadro 16. Contenido de proteína disponible de Maíz Forrajero -----	45
Cuadro 17. Contenido de proteína digestible de Maíz Forrajero -----	45
Cuadro 18. Contenido de fibra ácido detergente de maíz forrajero -----	46
Cuadro 19. Contenido de fibra neutro detergente de maíz Forrajero -----	47
Cuadro 20. Contenido de energía neta de lactancia -----	47

## RESÚMEN

En las zonas áridas y semiáridas el principal factor limitante de la producción es el agua, en la Comarca Lagunera no es la excepción. En virtud de lo cual se ha hecho una sobreexplotación del acuífero regional debido al inadecuado uso de agua en el sector agrícola, incrementando los costos de extracción y abatimiento del acuífero, así como la degradación del mismo. El presente experimento se realizó para establecer un manejo más adecuado y eficiente de agua de riego en el cultivo de maíz forrajero mediante el sistema de riego por goteo subsuperficial utilizando cintilla.

El experimento fue realizado en terrenos del campo experimental del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10, durante el ciclo verano de 2003. La siembra se efectuó en seco, en surcos de 75 cm de separación a densidades de población de 80,000, 120,000 y 180,000 plantas por hectárea; 80,000 plantas por hectárea para el caso del testigo. El híbrido utilizado fue el "AN – 447". El primer riego se efectuó superficialmente, los riegos posteriores fueron a través de las líneas regantes (cintilla), aplicando 60, 80 y 100% de evapotranspiración, excepto el testigo en donde se aplicaron tres riegos de auxilio de manera superficial. Se fertilizó utilizando la dosis 120-60-00, aplicado a través del sistema, y en banda al testigo. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones. Los resultados de altura de planta, fueron similares para los diferentes niveles de irrigación y densidades de población, con una media de 2.68 m. El rendimiento fue similar entre los factores evaluados con una media de 48.39 ton ha<sup>-1</sup> y 15.26 ton ha<sup>-1</sup> de forraje verde y seco respectivamente. La eficiencia en uso de agua de forraje seco en el riego subsuperficial representó un incremento de 50.1% con respecto al riego superficial. La calidad de forraje fue similar entre tratamientos, sin embargo esta tendió a disminuir.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz es un cereal utilizado por el hombre desde épocas remotas. Suministra elementos nutritivos a los seres humanos, animales y es materia prima de la industria (FAO, 1999). El maíz destaca como el principal cultivo de grano en México, alimento básico de nuestro país y uno de los más importantes insumos en la ganadería mexicana, (Jaramillo, 1992).

En la comarca lagunera se explotan 3206 pozos, de los cuales 1909 corresponden a la laguna del estado de Durango, y 1297 al de Coahuila, de estos 2159 son destinados al sector agrícola. Estos extraen aproximadamente 1100 millones de metros cúbicos, y la recarga solo alcanza 350 millones de metros cúbicos, teniendo un déficit en la recarga de 750 millones de metros cúbicos. El agua que se extrae del acuífero se utiliza en el riego de aproximadamente 75,000 hectáreas, de las cuales el 85% corresponde a cultivos forrajeros, la alfalfa ocupa el 50% de esta superficie (32,000 ha), y el maíz forrajero ocupó el 30% (21,736 hectáreas), durante el ciclo primavera – verano de 2003, (SAGARPA, 2003). La alfalfa y el maíz forrajero son los principales cultivos que abastecen la demanda de la actividad pecuaria regional y nacional, (alimentan aproximadamente 569,384 cabezas de ganado bovino). En consecuencia el mal uso del agua de riego en los cultivos de maíz y alfalfa, es el principal factor relacionado con el abatimiento del manto acuífero en la Comarca Lagunera, cuyo descenso anual se estima que fluctúa de 2.1 a 7 m/año (SAGARPA, 2003). El inadecuado uso de agua en la región, trae como consecuencia la contaminación del agua que se extrae al ponerse en contacto con depósitos de minerales incluyendo el arsénico y el incremento de los costos de extracción del agua, al hacer pozos más profundos, lo que implica el uso de energía eléctrica para bombear el agua.

Los volúmenes de agua en exceso que se aplican a estos cultivos forrajeros son debido a que en la Comarca Lagunera, subsisten todavía sistemas de riego

ineficientes, como el riego por inundación por melgas, que tiene una eficiencia de aplicación del 55% en el 95% de los predios (Reta et .al., 2002).

Los valores de láminas de riego aplicadas y producción obtenida a nivel regional, reflejan que la eficiencia en uso de agua (EUA) para alfalfa es de 0.52 kg. de forraje seco por metro cúbico de agua aplicada y en maíz forrajero es de 0.75 kg/m<sup>3</sup>, mientras que los resultados de investigación muestran valores de 1.1 y 1.3, kg/m<sup>3</sup> respectivamente. Con relación a lo anterior, se han calculado valores medios para plantas C<sub>3</sub>, a las cuales pertenece la alfalfa y maíz de 1.5 kg/m<sup>3</sup>; por lo que todavía existe un potencial de producción no explorado. Los valores de EUA a nivel regional, son demasiado bajos en comparación al potencial experimental, ocasionados por los altos volúmenes de agua aplicados, ya que estos exceden hasta en un 100% o más los requerimientos de agua de estos cultivos. Este excedente de agua se desperdicia por evaporación directa del suelo y por percolación profunda, o bien no es aprovechada por la planta debido a la presencia de estrés por enfermedades, salinidad, etc. por lo anterior se realizó esta investigación para obtener información que permita establecer un manejo más adecuado del agua de riego en el cultivo del maíz forrajero mediante el sistema de riego por goteo subsuperficial utilizando cintilla y permita una optimización del mismo.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Generalidades del Maíz Forrajero

#### 4.1.1. Origen del Maíz

El cultivo de maíz tuvo su origen, con toda probabilidad, en América central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta Canadá y hacia el sur hasta Argentina. La evidencia más antigua de la existencia de maíz, de unos 7,000 años de antigüedad, ha sido 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. Importancia del Cultivo de Maíz

En la Comarca Lagunera el maíz forrajero ocupa un lugar importante dentro del patrón de cultivos por el alto rendimiento energético que aporta a las 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. El empleo de maíz en la alimentación animal tiene una gran versatilidad, ya que puede ser consumido en verde, ensilado, seco (heno o rastrojo) o como grano (Reta, et.al., 2002).

Durante 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, durante el ciclo primavera verano; obteniendo una producción de 954,882 toneladas con un valor de 200 millones 525 mil 220 pesos (SAGARPA, 2003).

Proyecciones hechas en las tasas de incremento de demanda de maíz durante el periodo 1990-2005 estiman un 4.1% al año en los países en desarrollo, comparado

con una tasa global de 2.6% anual, indicadores que hacen que el maíz sea un cultivo que debe ser debidamente explotado a fin de alimentar la creciente población mundial.

#### 4.1.3. Ensilado del Maíz

El ensilaje es un proceso para preservar el forraje el cual data desde antes de la era cristiana. Sin embargo, continuamente ha estado sujeto a una serie de avances para mejorar la calidad del ensilado, así como su aceptación y mejor aprovechamiento por parte del ganado, (Núñez, 2003).

#### 4.1.4. Cualidades y Atributos del Maíz Forrajero

Un atributo del maíz forrajero es su eficiencia en uso de agua, lo que lo hace un importante 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, deseable en explotaciones que requieren hacer uso intensivo del suelo. El maíz representa 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).

#### 4.1.5. Clasificación Taxonómica

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

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del maíz (Reyes, 1990).

<b>Categoría</b>	<b>Ejemplo</b>	<b>Características distintivas</b>
Reino	Vegetal	Planta anual
Phylum	Tracheophyta	Sistema vascular
Subdivisión	Pterapsidae	Producción de flores
Clase	Angiosperma	Semilla cubierta
Subclase	Monocotiledoneae	Cotiledón único
Orden	Graminales	Tallos con nudos prominentes
Familia	Gramíneae	Grano – cereal
Tribu	Maydeae	Flores unisexuales
Genero	Zea	Único
Especie	Mays	Maíz común
	Mexicana	Teocintle anual
	Perennis	Teocintle perenne
Raza	Más de 300 razas clasificadas; 30 en México	Adaptadas a regiones bien definidas
Variedades	Polinización libre V-7; Híbridos H-507	Clima frío; clima caliente húmedo
Líneas puras	T2	Interviene en todos los híbridos de clima caliente húmedo en México

#### 4.1.6. Descripción Botánica y Morfológica

El maíz es una planta anual con gran desarrollo vegetativo. La planta de maíz se puede definir 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 etapa o fase vegetativa, se desarrollan y diferencian distintos tejidos hasta que aparecen las estructuras florales. La 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 las hojas, órganos de reproducción; y termina con la emisión de estigmas. La segunda fase, también 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, el peso de granos aumenta con rapidez. (Reyes, 1990).

Existe una relación fuerte entre la productividad y duración del área verde de la planta, ya que las plantas producen materia seca a través de la fotosíntesis y la captura de radiación por hojas verdes (Bolaños y Edmeades, 1993). Las hojas son las partes más importantes del aparato fotosintético de la planta. El índice de área foliar (IAF) representa el área foliar de las plantas 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, y la importancia del IAF en la tasa de crecimiento de un cultivo se basa mayormente en la intercepción de la luz. Un óptimo IAF ocurre cuando casi toda la luz disponible es interceptada y la relación de fotosíntesis-respiración es máxima. La duración del área foliar depende del genotipo, fotoperiodo, temperatura y condiciones de cultivo, (Bolaños y Edmeades, 1993).

Existen métodos indirectos para determinar el área foliar de una planta, (Navarro, 1996). Este autor cita a Montgomery (1911), quien determinó indirectamente el área foliar del maíz mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IAF} = \text{AF} / \text{Unidad de superficie del terreno}$$

#### 4.1.7. 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 se puede caer de la planta o desgranarse; 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 en el 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.

#### 4.1.8. 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 mineral óptimo y concentración elevada de proteína total con suficiente cantidad 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 se existe poca información acerca de clasificaciones de la calidad del maíz para forraje. Una clasificación de los materiales de maíz para forraje considera como criterios la concentración de fibra (FDN, FDA), la energía neta de lactancia

(ENL) y la digestibilidad *in Vitro* de la materia seca, como se muestra en Cuadro 2, (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	Mediana	Alta
FDN (%)	> 60	de 52 a 60	<51
FDA (%)	> 35	de 30 a 35	<29
EN <sub>1</sub> (Mcalkg <sup>-1</sup> )	< 1.3	de 1.31 a 1.48	>1.50
DIVSMS (%)	< 60	de 61 a 67	> 68

FND = Fibra detergente Neutro, FDA = Fibra detergente ácido, ENI = Energía Neta de lactancia, DIVMS = Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

Este autor considera que un maíz para ensilado de alto valor nutritivo debe tener baja concentración en fibra, alta digestibilidad y mayor contenido de energía.

#### 4.1.9. Productividad del Maíz Para Forraje

La producción de un cultivo es la resultante de un sistema que cosecha la energía del sol en forma de alimentos. La producción es la acumulación de sustancias elaboradas por la planta (fotosintatos) en los órganos vegetales. El rendimiento es el peso por unidad de superficie del producto cosechado o una de sus partes, (Núñez, 1999).

En el Cuadro 3 se muestra como tiende a incrementarse la producción de forraje y de grano conforme aumenta el ciclo vegetativo del híbrido. Así mismo, se observa que conforme aumenta la densidad de plantas los híbridos de ciclo tardío incrementan la producción de forraje y rendimiento de grano disminuyendo la proporción

grano:rastrajo. En los híbridos de ciclo precoz e intermedio en la densidad de 6.9 plantas por m<sup>2</sup> se obtuvieron los mayores rendimientos tanto de forraje como de grano.

Cuadro 3. Efecto de la precocidad del híbrido y la densidad de plantas en la producción de forraje y grano así como la proporción grano:rastrajo en maíz (Coors et al., 1994).

Madurez del híbrido	Densidad de plantas (plantas/m <sup>2</sup> )	Materia seca (g/kg)	Producción forraje (kg/ha)	Producción grano (kg/ha)	Proporción grano:rastrajo
Temprana	4.9	467	9818	5136	1.10
	6.9	457	12270	5978	0.98
	8.9	430	10363	5318	1.13
Media	4.9	381	12991	6628	1.03
	6.9	388	14945	6721	0.86
	8.9	373	14748	6469	0.83
Tardía	4.9	407	14354	6843	0.91
	6.9	377	16282	7722	0.90
	8.9	400	19034	8800	0.85

Las variedades de maíz de mayor rendimiento presentan de 100 a 140 días de ciclo vegetativo, en menos de 100 días se obtiene poca producción de grano y/o forraje verde o materia seca (Robles, 1990). Los genotipos de madurez tardía típicamente tienen más producción de materia seca asociada con el índice de área foliar y duración del área verde de la hoja. Así, se sugiere el uso de híbridos de madurez ligeramente tardío para ensilado, madurez tan larga como el cultivo lo permita para que pueda ser cosechado con humedad adecuada y garantizar una óptima conservación (Coors et al., 1994).

#### 4.1.10. Calidad Nutricional del Maíz

El valor alimenticio de un forraje depende de su naturaleza y cantidad de constituyentes utilizados por el animal por unidad de tiempo (Marten, 1985). La calidad nutricional de un forraje se define como el producto del valor nutritivo (composición química, digestibilidad) por su consumo y ésta calidad nutricional puede ser modificada

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

#### 4.1.11. Digestibilidad

La digestibilidad es una medición de uso común para conocer la utilización de los nutrientes, alimentos o dietas. Procedimiento para conocer el grado de aprovechamiento de un alimento por el animal. El valor comúnmente utilizado es el coeficiente de digestibilidad aparente y se expresa como % de la 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).

En estudios realizados en La Comarca Lagunera se han encontrado valores de digestibilidad en forraje de maíz de 56 a 68% y de 44 a 50% para rastrojo de maíz en Gro., México, (Nuñez et, al., 1999; Contreras et. al., 1999; Herrera et. al., 1997). La variación genética de la digestibilidad *in vitro*, *in situ* e *in vivo* observada en el maíz para forraje ofrece gran potencial para el mejoramiento de la calidad nutricional de la especie. Además, se han determinado heredabilidades importantes para esta variable.

Zimmer y Wermke (1985) reportan una heredabilidad superior a 0.80 para la digestibilidad *in vitro*. Dolstra et al., (1993) menciona una heredabilidad de 0.74 para la digestibilidad *in vitro* de la pared celular de los tallos de maíz.

#### 4.2. Factores que Determinan la Producción y Calidad Nutricional del Maíz.

Los principales factores que afectan el rendimiento y calidad de las plantas forrajeras son el clima, el suelo y el manejo agronómico.

##### 4.2.1. Climáticos

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

##### Temperatura

El cultivo de maíz tiene problemas cuando la temperatura promedio es inferior a 18.9 °C durante el día y 12.8 °C durante la noche. Temperaturas entre 8 y 12 °C retardan la germinación, dificultan la emergencia de plántulas y exponen la semilla a daños por microorganismos del suelo (Reyes, 1990). Si el maíz sufre temperaturas bajas en el curso de formación intensa del grano, la actividad fotosintética disminuye rápidamente y el rendimiento de la planta entera evoluciona lentamente alcanzando su máximo en un bajo contenido de materia seca (25 – 27%), 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 paredes celulares. Asimismo las heladas tienden a lixiviar el contenido celular por la ruptura de la célula reduciendo la solubilidad de carbohidratos y nitrógeno. (Coors et.al., 1994).

## Radiación

La radiación solar a través de la fotosíntesis, es la fuerza que determina el límite superior en productividad, en un sentido directo, pero la temperatura y la lluvia juegan un papel mayor como moderadores en la determinación del potencial de productividad que se lleva a cabo en una región. Adicionalmente, parte del espectro de la radiación modifica los procesos formativos de crecimiento, por ejemplo morfogénesis, la cual da forma a la planta. Estos factores morfogénicos incluyen ramificación, elongación de entrenudos, expansión de hojas y floración de especies sensibles a fotoperiodo (Nelson y Moser, 1994). La radiación solar y la humedad relativa tienen también 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). La alta intensidad de luz reduce la producción de materia seca, particularmente la fracción de grano, pero tiende también a promover el incremento del valor nutritivo del rastrojo de maíz por la reducción de la concentración de los constituyentes totales de la pared celular (Coors et.al., 1994).

## Viento

La velocidad del viento afecta el comportamiento de los forrajes, a mayor viento más evaporación y se aumenta el requerimiento de agua por las plantas, especialmente si esto ocurre en los momentos de polinización y llenado de grano, (Herrera, 1999).

## Fotoperiodo

El fotoperiodo en el maíz tiene influencia en el crecimiento vegetativo, formación de flores, semillas y frutos, extensión de las ramificaciones, forma de hojas, formación de pigmentos, pubescencia, desarrollo radicular y muerte de la planta. El maíz se considera una planta de fotoperiodo corto (Reyes, 1990), aunque algunos autores como Robles (1990) la consideran una planta insensible al fotoperiodo debido a que se

adapta a regiones de fotoperiodo neutros, cortos o largos. Las variaciones estacionales de luz afectan 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 un 30 a 40% en la intensidad de la luz produce un retraso en la madurez de cinco a seis días. Las variedades tardías son más sensibles a la falta de luz (Llanos, 1984).

### Precipitación

Los climas lluviosos, cálidos y húmedos favorecen la lignificación de la planta y reducen la digestibilidad (Van soest, 1998). Además, 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.

#### 4.2.2. Edáficos

El suelo es importante por su textura, estructura, contenido de elementos orgánicos e inorgánicos como fuente de nutrientes, por la humedad, aireación, temperatura, flora microbiana, conductividad eléctrica y su capacidad de intercambio catiónico, (Robles, 1990). Factores relacionados con la capacidad del suelo para proveer a las plantas las condiciones requeridas para crecer, producir la calidad y cantidad de forraje esperada, (Nuñez, 1993).

#### 4.2.3. Material Genético

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 como a variedades cuando se habla de un cultivo determinado, sin hacer distinción alguna entre ambos. Numerosos estudios visualizan

grandes diferencias entre genotipos para la expresión de una misma característica, tanto en forma cualitativa como cuantitativa. Una gran diversidad de estudios experimentales en maíz para forraje demuestran diferencias entre genotipos en producción y calidad, (Robles, 1990).

#### 4.2.4. Manejo Agronómico

El manejo agronómico de cultivos forrajeros es importante para obtener máximos rendimientos y calidad. La tecnología para lograr estos resultados se describe a continuación.

##### 4.2.4.1. Preparación del Terreno

La preparación del terreno es igual que en la siembra de maíz convencional, incluye un barbecho a 30 cm de profundidad (necesario después de alfalfa) rastreo doble, nivelación con pendientes de 2 cm por cada 100 m 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 y aplicar riego o bien sembrar en seco en un suelo adecuadamente rastreado y nivelado (Reta, et.al., 2002).

##### 4.2.4.2. Época de Siembra

a). Primavera. En función de mejores rendimientos, se sugiere sembrar del 1° de abril al 15 de mayo. Aunque es posible realizar la siembra desde el 15 de marzo, es importante considerar que en esta época existen aún probabilidades de heladas tardías, y se presenta un retraso en el desarrollo del cultivo.

b). Verano. Se puede sembrar desde el 1° de junio al 30 de julio. En esta época frecuentemente se presenta una disminución del rendimiento entre 25 y 35%, debido a factores ambientales como altas temperaturas y fotoperiodo más corto que aceleran y acortan el ciclo del cultivo.

#### 4.2.4.3. Método y Densidad de Población

Resultados de investigación y validación, indican que el uso de genotipos tolerantes a alta densidad de población, (86 a 112,000 plantas por hectárea), y la utilización de surcos estrechos permite 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 interplantas en la línea de siembra sobre el rendimiento de maíz durante el ciclo agrícola 2002/03, se concluye que:

- El efecto de niveles incrementales en la irregularidad de las distancias entre plantas de maíz sobre su rendimiento en grano y componentes, no fue diferente en los híbridos evaluados.
- En una misma población, los incrementos en las irregularidades de las distancias entre plantas de maíz en líneas de siembra separadas a 0.70 m sin incluir errores por duplicaciones, no necesariamente se traducen en disminuciones en el rendimiento.
- El desvío estándar de la irregularidad de la distancia entre plantas no es una medida confiable para predecir y/o caracterizar diferencias de rendimientos, al comparar lotes con iguales maíces y poblaciones, (Gargicevich, 2003).

El uso de alta densidad de población y adecuada distribución de plantas en el terreno, son técnicas usadas para incrementar 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/ha al sembrar en surcos con una separación de 38 a 60 cm, con incrementos en el rendimiento de forraje seco de 3 ton/ha. 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/ha, se obtuvo un incremento en el rendimiento de forraje seco de 3.9 ton/ha.

Los resultados de investigación fueron validados en terrenos de productores de la región durante los ciclos 2000 y 2001.

La calidad del forraje en el 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 estimada de leche en el sistema de surcos estrechos respecto al sistema del productor.

Al sembrar en surcos a 38 cm es necesario realizar doble pasada sobre el terreno en seco con las sembradoras actualmente disponibles. La siembra en surcos de 45 a 60 cm se puede realizar en suelo húmedo o en suelo seco con algunas modificaciones sencillas en las máquinas sembradoras: John Deere, MP25, Gaspardo SP520, Gaspardo-Terramak y Monosem N6 Standard. Es muy importante evitar realizar la siembra en suelo compactado por las ruedas del tractor, utilizando una distancia entre ruedas y ancho de llantas de acuerdo al espaciamiento entre surcos a utilizar. Por ejemplo en surcos a 50 cm se debe utilizar un tractor con las ruedas separadas de 1.84 a 1.90 m de centro a centro de llantas con una medida de 38 a 40 cm de ancho.

Las especificaciones para establecer el maíz en los métodos y densidades de poblaciones antes indicadas se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Distancia entre plantas para establecer el maíz en tres métodos de siembra y tres densidades de población. INIFAP-CIRNOC-CELALA.

Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)		
	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

Independientemente del método de riego, al utilizar surcos estrechos de 38 a 50 cm, los mejores rendimientos se obtienen en terrenos nivelados, que favorecen una adecuada distribución del agua de riego. En terrenos no nivelados, no se recomienda utilizar surcos estrechos, ya que en este método de siembra no se realiza aporque, y por lo tanto no existe corrugación que ayude a retener el agua en partes altas del terreno (Reta, et.al., 2002).

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

#### 4.2.4.4. Genotipos

En surcos estrechos es recomendable utilizar solo genotipos tolerantes a altas densidades de población. Entre las características de estos genotipos sobresalen las siguientes: 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. En evaluaciones realizadas en el Campo Experimental La Laguna, en condiciones de alta densidad de población (108 mil plantas/ha) y cosechados a un tercio de la línea de leche. Estos genotipos de maíz además de presentar un mayor rendimiento de forraje seco respecto, también mostraron mayor resistencia al acame, mayor precocidad y proporción de grano, así como un bajo porcentaje de plantas estériles, (Reta, et.al., 2002).

#### 4.2.4.5. Fertilización

La fertilización es un factor que influye en la cantidad y calidad del maíz. El nitrógeno (N) es el nutrimento que requieren los cultivos en mayor cantidad para alcanzar un rendimiento potencial. Si el abastecimiento de N es por debajo del requerimiento del cultivo, el rendimiento final disminuirá en proporción a la deficiencia de N. El nitrógeno en el suelo es uno de los elementos más dinámicos y su ciclo está regulado en mayor grado por transformaciones microbiológicas y en menor grado por transformaciones físico-químicas, (Figuroa, 2003). El maíz requiere poco nitrógeno durante los primeros 20 a 30 días después de la siembra (dds); etapa de lento crecimiento después de la emergencia de las plántulas. Entre los 50 y los 60 dds se da la mayor absorción de nitrógeno, hasta llegar a 9.0 kg N/ha por día, lo cual coincide con la aparición de la espiga. Después de los 60 días posteriores a la siembra, el requerimiento de nitrógeno disminuye aceleradamente hasta los 70 dds y se estabiliza alrededor de 2.0 kg N/ha por día, (Figuroa, 2003).

El contenido de proteína en grano disminuye al incrementar el nivel de Nitrógeno. Al corregir deficiencias de Nitrógeno, el rendimiento de grano incrementa en un promedio de 20%, (Lianne, 1999). Sin embargo Núñez (1993) señala que una limitante de la aplicación de niveles altos de nitrógeno es la acumulación de nitratos.

Resultados de investigación en la región Lagunera indican que el maíz demanda mayores cantidades de nitrógeno entre las etapas de inicio de encañe e inicio de

crecimiento de mazorca. Por esta razón se debe aplicar la mayor proporción de nitrógeno en el primer auxilio. Sin embargo es muy importante aplicar nitrógeno en el segundo y tercer riego de auxilio para lograr una adecuada formación y llenado del grano (Reta, et.al., 2002).

El fósforo (P) es el segundo nutriente en importancia por la cantidad requerida por las plantas. La dinámica del P en el suelo es diferente a la del N. El P es prácticamente inmóvil en el suelo, debido a que se fija o se adhiere fácilmente a las partículas de suelo, (Figueroa, 2003).

El maíz demanda una cantidad considerable de potasio. Sin embargo, de acuerdo con resultados obtenidos en el INIFAP, solo se recomienda aplicar nitrógeno y fósforo debido a que generalmente existe una alta disponibilidad de potasio en los suelos de la región, (Figueroa, 2003).

Estudios realizados en la Región Lagunera indican que por cada tonelada de forraje seco a producir se requerirán 12.0 kg de N, 3.6 de  $P_2O_5$  y 20.5 de  $K_2O$ . Sin embargo, el rendimiento del cultivo varía de acuerdo al ciclo del cultivo, sistema de producción, genotipo, densidad de población, programa de fertilización, así como del calendario y lámina de riego, (Reta, et.al., 2003).

#### 4.2.4.6. Riegos

Para un uso eficiente del agua disponible es necesario conocer los requerimientos 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 buenos rendimientos 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.

#### 4.2.4.7. Disponibilidad y Calidad del Agua.

El riego además de ser costoso, puede generar problemas tales como las cargas 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 la calidad del forraje. Sin embargo, esta relación no es clara. El estrés por sequía provoca la disminución del crecimiento de la planta. Las plantas que no sufren este tipo de estrés tienen más hojas, tallos más finos, menos fibrosos y más digestibles. El estrés severo por sequía ocasiona la pérdida de hojas y una baja 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 FDN y disminuyendo la energía neta de la materia seca, (Faz et al., 1998). El rendimiento y calidad de diferentes híbridos de maíz disminuye 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, los glúcidos almacenados en él número de granos por espiga, (Cañeque y Sancha, 1998). Si la sequía es posterior, la falta de agua limita la actividad fotosintética, acelerando la movilización de reservas del aparato vegetativo y el proceso de secado de las hojas.

#### 4.2.4.8. Control de Maleza

Las malezas de hoja ancha y zacates provenientes de semilla, se controlan mediante el uso de mezclas de herbicidas como Atrazina + Pendimetalin a dosis de ingrediente activo por hectárea de 1 kg + 1 kg; Gesaprim combi (Atrazina + Terbutrina) a 1.1 kg y Primagram (Atrazina + Metolaclor) a 1.35 kg + 1.404 kg. (Reta, et.al., 2002).

#### 4.2.4.9. Cosecha

En surcos tradicionales de 76 a 80 cm y en surcos estrechos de 38 a 60 cm indistintamente se pueden usar la misma ensiladora. El uso de genotipos precoces permite realizar la cosecha de 6 a 11 días antes que los genotipos de ciclo intermedio.

#### 4.2.4.10. Etapa de corte

En un híbrido de maíz, el momento en que se cosecha la planta define el rendimiento de materia seca por unidad de superficie y el valor nutritivo de la misma. Se considera como óptimo el momento en que la planta alcanza un porcentaje de materia seca entre 30 y 36%, coincidiendo con la ocupación de la mitad y las tres cuartas partes del grano por el endospermo sólido ( $1/2$  a  $3/4$  de la línea de leche). El momento óptimo de cosecha puede variar en función del híbrido utilizado y las condiciones ambientales durante la evolución del cultivo, las que pueden afectar el rendimiento en grano y estado general de la planta, (Carrette y Scheneiter, 1998). La línea de leche marca el avance de endurecimiento por la maduración de los granos, dividiendo las zonas de almidón líquido y sólido, (Núñez et al., 1998). Él indica que mientras el maíz cortado en estado masoso tiene un 25% de mazorca, cuando se corta a un tercio de la línea de leche, este porcentaje aumenta a más de 40% y el contenido de FDN disminuye de 60 a menos de 55%.

En la región Lagunera, el porcentaje de materia seca en el maíz para forraje que es adecuado (35%) para una buena fermentación se ha observado cuando la línea de leche tiene un avance de  $1/4$  a  $1/2$  del grano, (Nuñez, Faz y Contreras, 2003).

#### 4.2.4.11. Altura de corte

Una estrategia para mejorar el contenido de energía de los ensilados de maíz cuando las condiciones no permitan obtener una buena calidad nutritiva, es elevar la altura de corte de tal manera que permita aumentar la relación grano-forraje. Kezar

(1998) citado por Núñez, Faz y Contreras, (2003) reporta que por cada 15.0 cm en aumento de la altura de corte se pierde una tonelada de forraje seco/ha; sin embargo este material que se pierde tiene una baja calidad nutricional. En Estados Unidos de América se recomienda elevar la altura de corte para aumentar el valor energético del maíz forrajero, debido a que la parte inferior de las plantas es la que tiene la menor digestibilidad.

#### 4.2.4.12. Nivel de producción

Existe una relación inversa entre la calidad y producción del forraje. Los altos rendimientos de forraje usualmente van acompañados por disminución su calidad; a la inversa, 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 del momento de cosecha (Broster, 1983).

#### 4.2.4.13. Plagas

Las principales plagas del cultivo son el gusano cogollero y barrenador, así como la araña roja, pulgones, diabrotica y pulga negra (Reta, et.al., 2002). En el Cuadro 5 se presentan las instrucciones para combatir estas plagas.

Cuadro 5. Plagas más comunes del maíz y su combate.

Plaga	Insecticidas		Dosis/ha	IAC (días)
	Nombre Técnico	Nombre Común		
Gusanos Cogollero y Barrenador	Clorpirifós	Lorsban 480 CE	1.0 lt	21
	Diazinón	Diazinon 25 CE	1.0 lt	Sin límite
	Cipermetrina	Cymbush 20 CE	0.5 lt	1
	Triclorfon	Dipterex 80 PS	2.0 lt	Sin límite
Araña Roja	Ometoato	Folimat 1000 CE	0.5 lt	14
	Dimetoato	Dimetoato 40 CE	1.0 lt	14
	Propargite	Omite 68 CE	1.5 lt	21
Pulgón	Malatión	Malatión 1000 CE	1.0 lt	5
	Dimetoato	Rogor 40 CE	1.0 lt	14
	Ometoato	Folimat 70 LM	0.5 lt	14
Diabrotica	Paratión metílico	Paratión met. 63% CE	1.0 lt	12
	Malatión	Malation 84 CE 24 CE	1.0 lt	5
	Cipermetrina	Cipermetrina	0.5 lt	1
Pulga negra	Carbarilo	Sevin 80 PH	1.5 kg	Sin límite
	Endosulfán	Thiodán 35 CE	1.5 – 2.0lt	10
	Paratión metílico	Folidol M-50 CE	1.0 lt	12

IAC = Intervalo antes de cosecha

### 4.3. Riego por Goteo Subsuperficial en Maíz Forrajero

Una alternativa para mejorar el riego del maíz forrajero e incrementar la eficiencia, y aprovechamiento del agua en el cultivo, es utilizar un sistema de riego que transporte el agua en conductos cerrados y que suministre determinadas cantidades de agua en función de la demanda de cultivo y al mismo tiempo, que impida el desperdicio, la salinidad y el alza del nivel freático, este sistema es denominado subsuperficial, (Dickinson, 1995).

Una estrategia reciente y alentadora para mejorar la eficiencia en uso de agua es el riego por goteo, con el que se puede manejar un régimen de bajo volumen, baja presión, alta frecuencia y riego parcial. Dentro del riego por goteo, la cintilla es una variante de éste, la cual consiste en una manguera flexible con salidas al exterior con espaciamiento de 5 a 60 cm. Antes de la salida presenta unos accidentes que hacen que el flujo sea hidráulicamente controlado, logrando con esto que se pueda realizar un diseño capaz de alcanzar buena uniformidad y eficiencia durante su funcionamiento (Dickinson, 1995). El riego con cintilla tiene ventajas muy significativas sobre los sistemas tradicionales de riego superficial, el patrón de mojado generalmente tiende a desarrollar una franja continua de humedecimiento a lo largo de la manguera de riego, esta situación se debe a que el espaciamiento entre emisores es muy pequeño, menor de 60 cm (Rojas, 2001). Al colocar el emisor debajo de la superficie del suelo, se denomina riego por goteo subsuperficial (RGS), y es posible tener un beneficio potencial adicional en comparación a la cintilla colocada sobre la superficie del suelo. Avances técnicos significativos se han hecho recientemente en el uso del RGS, considerado en la actualidad como el método de riego más sofisticado y eficiente para regar cultivos y una alternativa viable en comparación con otras formas de riego como lo es inundación, surcos, aspersion, micro aspersion, etc. El RGS es capaz de promover alta producción y eficiencia en uso de agua que cualquier otro método de riego actualmente en uso, y puede ser utilizado en cultivos en hilera como el maíz y en perennes, como alfalfa y vid, con una duración del sistema de más de 20 años (Phene, 1996).

El movimiento de agua en el suelo es por flujo de masas (estado líquido) y por difusión (estado vapor). Las fuerzas que controlan el movimiento de agua son debidas principalmente a la naturaleza capilar del suelo, la cual actúa igualmente en todas direcciones, y la fuerza gravitacional, la cual es siempre constante y hacia abajo. La fuerza capilar disminuye a medida que el suelo se humedece. En un suelo seco, la fuerza capilar es mucho más grande que la gravitacional y tiende a mover el agua igualmente en todas direcciones, incluso hacia arriba. A medida que el suelo llega a ser más y más húmedo, los poros del suelo se saturan, las fuerzas capilares se debilitan y la fuerza gravitacional es más importante y el agua se mueve hacia abajo.

El manejo básico entonces, consiste en regar el suelo en pulsos cortos (riego de alta frecuencia). Al manejar el RGS con riego de alta frecuencia, el movimiento de agua es controlado principalmente por las fuerzas capilares y no por las gravitacionales, permitiendo a la planta recibir frecuentemente el agua y nutrientes directamente en una pequeña porción de la zona radical (Henngeler, 1997; Phene, 1999). También se ha demostrado que en el RGS existe un incremento en el volumen del suelo humedecido esférico vs. hemisférico y del área superficial disponible para el crecimiento y absorción radical (Camp, 1999; Hutmacher et al., 1999).

Se ha encontrado que para un gasto de agua dada:

- a) El volumen esférico del suelo humedecido es aproximadamente 46% más grande para el sistema de RGS, que el volumen hemisférico humedecido con el sistema de riego por goteo superficial;
- b) El área superficial humedecida y disponible para absorción radical es 62% más grande en el sistema de RGS que en el superficial (excluyendo la superficie del suelo en el patrón de mojado del riego superficial), y
- c) El radio humedecido es 10% más corto en el RGS que en el riego superficial.

Las consecuencias de lo anterior, se manifiestan bajo condiciones similares de riego en:

1. El volumen del suelo humedecido en el sistema RGS estará a un contenido de humedad más bajo que en el riego por goteo superficial, por lo que el potencial de drenaje o percolación será más bajo;
2. El área superficial del suelo disponible para la absorción del agua y nutrimentos por las raíces se incrementará significativamente en el sistema de RGS y,
3. El radio de humedecimiento más bajo en el sistema de RGS permitirá espaciamientos más cortos entre emisores que el riego por goteo superficial, lo que resultará en el mejoramiento de la eficiencia de mojado y distribución de nutrimentos.

Un sistema de RGS bien diseñado, instalado y manejado elimina la evaporación de agua en la superficie del suelo, reduce significativamente la humedad de la cubierta vegetal, disminuye enfermedades y malezas. El sistema de RGS también promueve que el sistema radical del cultivo sea más profundo que bajo el riego por goteo superficial y de este modo, el RGS operará bajo un ambiente con temperatura más fría y constante (más fría en el verano y caliente en el invierno). Debido a estas diferencias fisiológicas la respiración de la raíz en el sistema RGS es más baja que el de las plantas regadas con otros sistemas de riego lo cual resulta en un incremento significativo en la fotosíntesis neta (Burt, 1995; Phene, 1999). A través del sistema de RGS también se pueden aplicar los nutrimentos en disolución, con alta frecuencia dentro de la zona radical en proporción igual a la tasa de absorción de nutrientes por el cultivo por lo que la eficiencia de utilización se incrementa y la aplicación de fertilizantes puede ser disminuida evitándose así, en gran medida las pérdidas por lixiviado de nutrientes solubles.

En Estados Unidos de Norteamérica, en donde se ha experimentado más con el sistema RGS (Camp, 1999; Hennggeler, 1997; Phene, 1999), además de mejorar la producción y la eficiencia en uso de agua de alfalfa y cultivos anuales como el maíz

forrajero, se han observado una serie de beneficios prácticos que a continuación se mencionan:

- a. La cintilla enterrada no se expone a la luz ultravioleta, ni a un humedecimiento, desecado y calentamiento – enfriamiento intermitente, por lo que se espera que el polietileno tendrá una vida útil más larga.
- b. El tránsito de equipo en el campo se simplifica, debido a que la tubería está enterrada, adicionalmente la superficie del suelo se mantiene seca, y de este modo, se mejora la tracción al paso de la maquinaria, provocando menos compactación del suelo.
- c. Se mejora la aplicación de funguicidas, insecticidas y herbicidas a través del sistema RGS, aumentando la seguridad en el uso de estos productos químicos.
- d. Durante la estación seca del año, la parte superficial del suelo, se encuentra libre de malezas, etc.

## V. MATERIALES Y METODOS

### 5.1. Localización Geográfica del Área de Investigación.

La Comarca Lagunera está localizada geográficamente entre los meridianos 102° y los 104°40' de longitud Oeste y los paralelos 24°30' y los 27° de latitud Norte. Tiene una altura de 1120 msnm y cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas, así como las áreas urbanas. Se encuentra en la parte centro norte de la República Mexicana, su conformación comprende el suroeste del estado de Coahuila y el Noroeste del estado de Durango. Se encuentra limitada al oeste y sur por la Sierra Madre Oriental y hacia el este y norte por los bolsones de Mapimí y sierras aisladas, comprende 15 municipios, los cuales son: por el estado de Coahuila: Torreón, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero, Matamoros y Viesca; y por el estado de Durango: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo, Mapimí, Nazas, Rodeo, San Pedro del Gallo, San Luis del cordero, Simón Bolívar y San Juan de Guadalupe.

### 5.2. Suelo y Topografía de la Región Lagunera

Los suelos de la región, de acuerdo a su formación se pueden clasificar como:

- A) Suelos Aluviales recientes, de perfil ligero, cuyas texturas varían de migajón arenoso a arenas. En una superficie aproximada de 75,000 ha, estos suelos corresponden a las clases 1º, 2º y 3º.
- B) Suelos correspondientes a últimas deposiciones arcillosos en su mayor parte y con mal drenaje. Cubren una superficie aproximada de 100,000 ha.
- C) Suelos de características intermedias, entre los dos citados anteriormente; es decir, que su perfil es variable, entre arcilloso y migajón arenoso; abarcan una superficie de 192,000 ha. Suelos que ocupan la parte central del área cultivada y por

sus características fisicoquímicas en estos se localizan los cultivos más importantes. Son ricos en fósforo, potasio, magnesio, calcio, pero pobres en nitrógeno y, materia orgánica que se encuentra en bajas proporciones, sobre todo en terrenos cultivados. Están considerados de 1ª clase para fines de riego, (SIAP, 2002).

La topografía de la Región Lagunera es en términos generales plana y de pendientes suaves, que varían de 0.20 a 1.0 metro por kilómetro, generalmente hacia el norte y noreste. En la Región Lagunera se encuentra el Distrito de Riego N° 17, así como los Distritos de Desarrollo Rural Laguna-Durango y Laguna-Coahuila, de la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, (SIAP, 2002).

### 5.3. Características Climáticas de la Región

#### 5.3.1. Clima

El clima en la región de acuerdo a la clasificación de E. de Martomme, es tipo árido caliente desértico, en base a la temperatura media anual y el índice de aridez en la zona baja de las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval, (SIAP, 2002); y en la clasificación de C.W. Thornthwithe, como árido, con lluvias deficientes en todas las estaciones del año, sus condiciones orográficas son adversas(SIAP, 2002). En el 2002 se tuvo una precipitación pluvial de 252.4 mm.

#### 5.3.2. Temperatura

La temperatura media anual es de 21°C. La media del mes más caliente corresponde a Junio con 26.4°C, mientras que las del mes más frío corresponde a enero con 13.0°C. Las temperaturas extremas registradas son máximas de 41.5°C en el mes de Junio y mínima de -13°C en el mes de enero. La acumulación de unidades calor (UC) usando el método desarrollado por Allen (1976) con un umbral inferior de 10°C y un umbral superior de 40°C se acumulan según la variación de temperaturas

del año 3800 a 4200 unidades calor. En el Cuadro 6 se presentan las temperaturas promedio de la Comarca Lagunera en los 10 últimos años y durante 2002.

Cuadro 6. Temperaturas de La Comarca Lagunera.

	Prom. de los 10 últimos años	Durante 2002
Promedio	20.5	20.8
Máxima	31.5	33.8
Mínima	8.7	6.8

### 5.3.3. Heladas

Existe una frecuencia de heladas dentro del rango de 0 a 20 días por año y una frecuencia de granizadas de 0 a 1 día por año. Estas heladas se presentan durante el invierno con gran variabilidad oscilando el número de éstas por periodo invernal entre 4 y 62. La temperatura media de las heladas ha variado entre 1.2 °C y -3.2 °C. La fecha de la primera helada ha ocurrido entre el 27 de Octubre y 22 de Diciembre. La fecha de la última helada se ha registrado desde el 15 de Febrero hasta el 14 de Abril. La temperatura de la primera helada varía entre 0.0°C y -6.5°C; mientras que la de la última helada puede ser de 0.0°C y -6.0 °C. Según la ecuación de Damota la acumulación de horas frío en la Comarca Lagunera varía de 150 – 430 horas frío. En el Cuadro 7 se presentan la incidencia mensual de heladas en la Comarca Lagunera en 2002.

Cuadro 7. Incidencia mensual de heladas en la Comarca Lagunera en 2002.

Mes	No. de días.
Enero	9
Febrero	7
Marzo	4
Abril	
Noviembre	6
Diciembre	10

#### 5.4. Localización del Lote Experimental

El presente trabajo se realizó en el área experimental del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10., la preparación del terreno, fecha de siembra, fertilización y actividades culturales desarrolladas en el cultivo, se realizaron siguiendo las recomendaciones del paquete tecnológico para el cultivo según el INIFAP a excepción de la densidad de siembra y riegos en los tratamientos.

#### 5.5. Características del Lote Experimental

El suelo del área experimental donde se estableció el cultivo presentó características físicas-químicas que se describen a continuación; textura: migajón arcilloso, pH: 7.9, densidad aparente: 1.3 y conductividad eléctrica: 5.84 mS/cm. La superficie total cultivada fue de 0.25 ha. Durante el muestreo de suelo se colectaron 6 muestras a una profundidad de 0-30 cm para conformar una sola muestra, utilizando una barrena de caja.

#### 5.6. Sistema de Riego

El sistema de riego constó de una línea principal y una secundaria, de 4" y 2" de diámetro respectivamente. Silletas y adaptadores fueron colocados para la instalación de manómetros. Éstos fueron utilizados para regular la presión del agua en las líneas

regantes. Se utilizaron 4 líneas secundarias, instaladas cada una en la cabecera de las parcelas, de las cuales dependieron las líneas regantes (cintillas).

#### 5.7. Preparación de Terreno y Prácticas de Cultivo

En el terreno donde se estableció el experimento se realizó previo a la siembra, un barbecho y un rastreo. Posteriormente se instaló la cintilla con una encintadora mecánica conectada a la toma de fuerza del tractor, ésta se enterró a una profundidad de 40 cm con separación de 1 m entre ellas. La cintilla utilizada fue: marca: Rex; calibre: 10,000; espacio entre emisores: 20 cm; gasto: 3.4 litros por hora por metro lineal; presión de operación: 1 kg/cm<sup>2</sup>; diámetro interior: 16 mm.

#### Siembra

La siembra se efectuó en seco el 28 de junio de 2003 a una profundidad de 3 cm, en surcos de 75 cm de separación, procurando una densidad de población alta, para posteriormente establecer manualmente por deshije la población deseada en cada parcela experimental, en el caso del testigo se tuvo una densidad de 80,000 plantas/ha. El híbrido utilizado fue "AN 447".

#### Riegos

El primer riego se realizó el 29 de junio de 2003, por gravedad en todo el lote para obtener buen colchón de humedecimiento, y lograr buena germinación. Los riegos posteriores fueron a través de las líneas de riego por goteo subsuperficial regando a tres diferentes niveles de humedad basados en los datos de Evaporación registrados en un tanque evaporímetro tipo A. Aplicando el 60, 80 y 100% de la ET, una vez calculado el tiempo de riego para cada tratamiento con su respectiva lámina de riego, (apéndice 9).

En el caso del testigo fue necesario aplicar 3 riegos de auxilio con laminas de 15 cm. El primero se realizó el 2 de Agosto, segundo el 22 de Agosto y tercero el 9 de Septiembre de 2003.

## Plagas

Las principales plagas que se detectaron en los muestreos realizados fueron Gusano Cogollero y Diabrotica. Para su control se aplicó Clorpirifós y Cipermetrina utilizando una dosis de 1.5 y 0.5 litros por hectárea respectivamente, con una aspersora manual el día 18 de Julio. Al cabo de tres días posteriores se muestreó para verificar el efecto de la aplicación, obteniendo resultados positivos.

## Fertilización

La fertilización realizada consistió en aplicar Urea, MAP normal y MAP ultrasoluble el 2 de Agosto, utilizando la dosis de 120-60-00; la aplicación al testigo se hizo en forma tradicional (bandas), al resto del experimento la aplicación se efectuó a través del sistema de riego.

### 5.8. Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con cuatro repeticiones.

Los factores estudiados fueron:

A = Evapotranspiración: 60, 80 y 100%

B = Densidad de población: 80, 120 y 160 mil p ha<sup>-1</sup>

### 5.9. Parcela experimental y útil

De la combinación de factores resultaron 9 tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones, más el testigo que se dividió en 4 partes, fueron un total de 40 parcelas. Las parcelas presentaron las siguientes dimensiones: la parcela experimental constó de 45 por 3 m, para la parcela grande, y de 15 por 3 m, para la parcela chica.

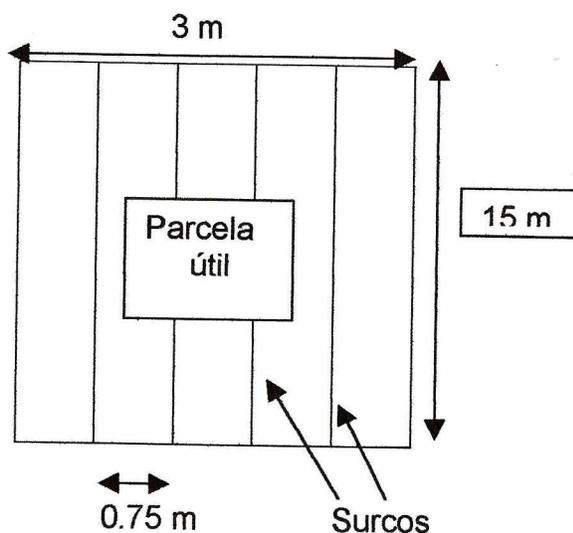
Figura 1. Distribución de parcelas experimentales en el campo.

R1	R2	R3	R2	R3	R1	R1	R3	R2	R3	R2	R1	RS
D3	D3	D1	D3	D1	D2	D1	D3	D1	D2	D3	D1	T E S T I G O
D2	D1	D2	D2	D2	D3	D3	D2	D2	D3	D2	D2	
D1	D2	D3	D1	D3	D1	D2	D1	D3	D1	D1	D3	

R = Riegos, D = Densidad de población, RS = Riego superficial

La parcela experimental constó de 4 surcos por tratamiento, y la parcela útil de 2 surcos centrales, como se observa en la Figura 2.

Figura 2. Parcela útil para los diferentes tratamientos.



## 5.10. Variables Evaluadas

### Altura de Planta

La altura de planta fue medida de la base de la planta sobre la superficie del suelo a la base de la inflorescencia masculina. La altura de planta fue determinada en dos muestreos. El primer muestreo fue realizado el día 3 de septiembre de 2003 y se cortaron plantas en un metro lineal de 2 surcos centrales de cada tratamiento, así como del testigo, las cuales fueron utilizadas para la medición. El segundo muestreo se realizó el día 27 de septiembre y se muestrearon 3 plantas de cada tratamiento y 9 plantas del testigo. La altura de planta se midió utilizando un estadal de 4 m de altura.

### Materia Seca

El contenido de materia seca a cosecha se determinó en plantas cortadas en 5 metros lineales de 2 surcos centrales desde la base del tallo. Las plantas cosechadas se pesaron, se picaron manualmente y se secaron a 60°C en una estufa de aire forzado por un periodo de 72 horas, posteriormente estas plantas fueron pesadas para obtener el peso seco y calcular el % de materia seca de la planta completa. Con el rendimiento total de forraje verde y el contenido de materia seca se calculó el rendimiento total de materia seca.

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

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

donde:

MS = Contenido de materia seca (%)

Pf = Peso de la muestra en fresco (g)

Ps = Peso de la muestra en seco (g)

## Materia Seca Total.

A las muestras se les determinó el contenido de materia seca total por el Método de Espectrofotómetro de Rayo Cercano a Infrarrojo (NIRS) en el Laboratorio Nuplen S. A. de C. V. El % de materia seca total obtenido se utiliza para reportar los datos de cada uno de los análisis en 100% base seca.

## Rendimiento de Forraje Verde

El rendimiento de forraje verde se obtuvo en cada parcela experimental, cortando las plantas comprendidas en 5 metros de longitud de dos surcos centrales (parcela útil). En estas plantas se determinó el peso fresco ( $\text{kg m}^{-2}$ ) el cual posteriormente fue convertido a rendimiento en  $\text{ton ha}^{-1}$ .

## Rendimiento de Forraje Seco.

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

$$\text{RFS} = \text{RFV} * \% \text{MS}$$

Donde:

RFS = Rendimiento de forraje seco

RFV = Rendimiento de Forraje verde

MS = Materia seca

## Eficiencia en Uso de Agua

La eficiencia en uso de agua se obtuvo dividiendo la producción obtenida ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en cada tratamiento entre el volumen total de agua ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) aplicado. El volumen total se obtuvo contabilizando los riegos efectuados, tiempo y cantidad aplicada en cada uno de ellos, agregando la lámina producto de precipitación efectiva. La

precipitación efectiva fue calculada de acuerdo a la tabla elaborada por el Ing. Luis Zierold Reyes. La ecuación usada para obtener la eficiencia en uso de agua fue la siguiente:

$$\text{EUA} = \text{Prod. (kg ha}^{-1}\text{)} / \text{Vol (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)}$$

### Calidad del Forraje

El análisis de calidad de forraje se realizó en muestras de cada tratamiento de cada repetición, de éstas se obtuvo una muestra representativa para conformar un total de 10, las cuales se mandaron al laboratorio bromatológico para su análisis. Los análisis se efectuaron en el laboratorio Nuplen, S. A. de C. V. El método usado fue: Espectrofotómetro de Rayo Cercano a Infrarrojo, (NIRS). Con los resultados obtenidos se hizo un análisis cualitativo entre tratamientos.

#### 5.11. Análisis Estadístico

El análisis Estadístico de los datos se efectuó en el paquete de Diseños Experimentales, FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L. (Emilio Olivares Sáenz, 1994).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Fenología y Rendimiento

#### Altura de Planta

En el muestreo realizado el 3 de Septiembre de 2003 los datos registrados se presentan en el Cuadro 8. El análisis estadístico no detectó diferencia significativa entre tratamientos. Por lo tanto los niveles de riego y densidades de población evaluados ni la interacción de ambos afectaron la altura de plantas.

Cuadro 8. Altura de planta de maíz forrajero (m), bajo diferentes densidades y niveles de riego, con riego subsuperficial. Ciclo verano 2003. ITA 10 - UAAAN-UL.

Población Plantas/ha	Riegos (% de ET)				Testigo
	60	80	100	Media	
80,00	2.3475	2.1850	2.3125	2.2817	2.64
120,000	2.5025	2.4725	2.2300	2.4017	2.10
160,000	2.2450	2.2875	2.2275	2.2533	2.25
Media	2.3650	2.3150	2.2567	2.3122	2.28

#### Longitud de Tallo

La longitud de tallo registrado en el muestreo efectuado el 3 de Septiembre de 2003, en maíz forrajero bajo diferentes niveles de riego y densidades de población, se presenta en el Cuadro 9. El análisis estadístico realizado no detectó diferencia significativa entre los tratamientos evaluados por lo tanto se deduce que los diferentes factores manejados no afectaron la longitud de tallo.

Cuadro 9. Longitud de tallo de maíz forrajero (m), bajo diferentes densidades y niveles de riego, con riego subsuperficial. Ciclo verano 2003. ITA 10 – UAAAN-UL.

Población Plantas/ha	Riegos (% de ET)				Testigo
	60	80	100	Media	
80,00	1.9625	1.7025	1.8125	1.8258	2.11
120,000	1.9850	2.0650	1.7550	1.9358	1.63
160,000	1.8500	1.8700	1.8875	1.8692	1.89
Media	1.9325	1.8792	1.8192	1.8769	1.88

#### Número de entrenudos

El número de entrenudos obtenidos en el muestreo realizado el 3 de septiembre de 2003 se presenta en el Cuadro 10. El análisis estadístico efectuado a estos datos no detectó diferencia significativa entre tratamientos. El número de entrenudos de plantas no se vio afectado por las diferentes densidades de población y niveles de riego evaluado ni por la interacción de ambos.

Cuadro 10. Número de entrenudos de plantas de maíz forrajero, bajo diferentes densidades y niveles de riego. Ciclo verano 2003. ITA 10 – UAAAN-UL.

Población Plantas/ha	Riegos (% de ET)				Testigo
	60	80	100	Media	
80,00	12.147	12.725	12.650	12.507	14.00
120,000	12.927	13.450	11.130	12.502	12.33
160,000	11.475	12.392	12.787	12.218	13.60
Media	12.183	12.855	12.189	12.409	13.31

## Altura de planta

La altura de planta del muestreo realizado el 27 de septiembre de 2003 se presenta en el Cuadro 11. El análisis estadístico de estos datos no detectó diferencia significativa entre tratamientos. Lo que indica que las densidades de población y niveles de riego no afectaron la altura de planta. Sin embargo, estos resultados superan a los obtenidos por Vera y Vázquez (2001) donde la media obtenida fue de 2.60 m, superando ligeramente también los obtenidos por Núñez y Faz (2003), donde la máxima obtenida fue de 2.54 m y la mínima de 1.72 m al evaluar siembras de verano en dos años.

Cuadro 11. Altura de planta de maíz forrajero (m) bajo diferentes densidades y niveles de riego, bajo riego subsuperficial. Ciclo verano 2003. ITA 10 – UAAAN-UL.

Población Plantas/ha	Riegos (% de ET)				Testigo
	60	80	100	Media	
80,00	2.7125	2.6750	2.8150	2.7342	2.84
120,000	2.7625	2.7625	2.6025	2.7092	2.57
160,000	2.6425	2.6300	2.5875	2.6200	2.61
Media	2.7050	2.6892	2.6683	2.6878	2.673

## Rendimiento de Forraje Verde y Forraje Seco

En los Cuadros 12 y 13 se presentan los rendimientos de forraje verde y forraje seco. El análisis estadístico de estas variables indica que la producción de forraje verde y forraje seco no se vieron afectados por las densidades de población, los niveles de irrigación ni la interacción de ambos, al no detectar diferencia significativa entre los datos analizados.

Los resultados de rendimiento de forraje verde son ligeramente superados por los obtenidos por Vera y Vázquez (2001). El rendimiento de forraje seco no fue afectado de acuerdo al análisis estadístico efectuado, como se observa en el Cuadro 13. Sin embargo el tratamiento de 80 mil plantas por hectárea con un nivel de 100% de evapotranspiración, tendió a incrementar el rendimiento. Estos resultados de forraje seco son superados por los obtenidos por el CELALA, 2002 con un rendimiento de 25.3 y 17.7 ton ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 12. Rendimiento de forraje verde de maíz forrajero (ton ha<sup>-1</sup>) bajo diferentes densidades de población y niveles de riego, con riego subsuperficial. Ciclo verano 2003. ITA 10 – UAAAN-UL.

Población Plantas/ha	Riegos (% de ET)				Testigo
	60	80	100	Media	
80,000	46.66	48.33	60.41	51.80	51.66
120,000	50.83	46.83	42.49	46.71	45.00
160,000	44.58	44.99	50.41	46.66	41.66
Media	47.35	46.71	51.10	48.39	46.10

Cuadro 13. Rendimiento de forraje seco de maíz forrajero (ton ha<sup>-1</sup>) bajo diferentes densidades de población y diferentes % de evapotranspiración, con riego subsuperficial. Ciclo verano 2003. ITA 10 – UAAAN-UL.

Población Plantas/ha	Riegos (% de ET)				Testigo
	60	80	100	Media	
80,000	13.5941	15.3252	18.8667	15.9287	13.24
120,000	15.6187	14.7140	15.0144	15.1157	12.18
160,000	14.1052	14.7829	15.3408	14.7429	11.09
Media	14.4393	14.9407	16.403	15.264	12.17

## 6.2. Eficiencia en Uso de Agua

La eficiencia en uso de agua medida como kilogramo de forraje verde por metro cúbico de agua aplicada ( $\text{kg m}^{-3}$ ), se presenta en el cuadro 14. La menor eficiencia en uso de agua se observa en el tratamiento de 120,000 plantas/ha con un 100% de evapotranspiración con  $7.018 \text{ Kg m}^{-3}$ , mientras que la mayor eficiencia en uso de agua fue de  $10.54 \text{ kg m}^{-3}$  correspondiendo al tratamiento de 120,000 plantas/ha con un 60% de evapotranspiración; entre ambos tratamientos existe una diferencia de  $3.52 \text{ kg m}^{-3}$ , esto indica que al disminuir el porcentaje de evapotranspiración aumenta la eficiencia en uso de agua, a consecuencia del ahorro de ésta, sin embargo entre las densidades de población con el mismo nivel de riego los resultados son similares. En el cuadro 14 se observa un incremento del 27% de la mínima eficiencia obtenida en el riego subsuperficial y 51.4% con la máxima, con respecto al riego por gravedad en donde se obtuvo una media de  $5.12 \text{ kg m}^{-3}$ .

Cuadro 14. Eficiencia en uso de agua de forraje verde ( $\text{kg/m}^3$ ), en maíz forrajero bajo altas densidades de población y diferentes % de evapotranspiración, con riego subsuperficial. Ciclo verano 2003. ITA 10 – UAAAN-UL.

Plantas/ha	Riegos (% de ET)			Testigo
	60%	80%	100%	
80000	9.677	8.887	9.978	5.74
120000	10.541	8.612	7.018	5.00
160000	9.245	8.274	8.327	4.63

Los valores de eficiencia en uso de agua medida como kilogramo de forraje seco por metro cúbico de agua aplicada, obtenidos al combinar factores de densidad de población y niveles de riego se muestran en el Cuadro 15. La mayor eficiencia en uso de agua obtenido es de 3.116 kg m<sup>-3</sup>, con una población de 80,000 plantas/ha y 100% de evapotranspiración. Se observa una mayor eficiencia en uso de agua en los tratamientos con riego subsuperficial (2.705 kg m<sup>3</sup>), con respecto al sistema de riego por gravedad (1.35 kg m<sup>3</sup>).

Cuadro 15. Eficiencia en uso de agua de forraje seco (kg m<sup>-3</sup>), de maíz forrajero bajo altas densidades de población y diferentes % de evapotranspiración, con riego subsuperficial. Ciclo verano 2003. ITA 10 – UAAAN-UL.

Plantas/ha	Riegos (% de ET)			Testigo
	60%	80%	100%	
80000	2.814	2.818	3.116	1.47
120000	2.234	2.706	2.480	1.35
160000	2.925	2.718	2.534	1.23

### 6.3. Calidad del Forraje

#### Contenido de Proteína Disponible

El contenido de proteína disponible entre tratamientos fue similar, variando de 7.95 a 9.34%, con una media de 8.59% como se observa en el Cuadro 16. Por lo tanto indica que no se afectó este parámetro. No hubo diferencia en contenido de proteína disponible, entre el sistema RGS y sistema de riego por gravedad. El contenido de proteína disponible no está contemplado dentro de los criterios de clasificación de los maíces para forraje según Herrera (1999).

Cuadro 16. Contenido de proteína disponible (%) de maíz forrajero bajo altas densidades de población y diferentes niveles de evapotranspiración, con riego subsuperficial.

Plantas/ha	% evapotranspiración			Testigo
	60%	80%	100%	
80000	8.59	8.51	8.60	8.31
120000	8.59	7.95	9.34	8.31
160000	8.51	8.48	8.80	8.31

### Proteína Digestible

El contenido de proteína digestible es similar entre tratamientos, si embargo el mayor contenido presenta un valor de 7.06% correspondiendo a 120,000 plantas por hectárea con 100% de evapotranspiración, como se observa en el cuadro 17. Esto indica que el contenido de proteína digestible no se afectó al manejar diferentes densidades de población y niveles de riego con riego subsuperficial. El contenido de proteína digestible no difiere entre el sistema RGS y sistema de riego por gravedad.

Cuadro 17. Contenido de proteína digestible (%) de maíz forrajero bajo altas densidades de población y diferentes niveles de evapotranspiración, con riego subsuperficial.

Plantas/ha	% evapotranspiración			Testigo
	60%	80%	100%	
80000	6.51	6.46	6.51	6.35
120000	6.50	6.09	7.06	6.35
160000	6.45	6.43	6.62	6.35

## Fibra Ácido Detergente

El contenido de fibra ácido detergente en los tratamientos fue similar, así mismo entre el sistema RGS y riego por gravedad, sin embargo estos resultados superan a los obtenidos por Peña, et.al., (2002) de 28.7% de FAD. De acuerdo a criterios para la clasificación de maíces para forraje (Herrera, 1999) los resultados obtenidos en el presente experimento, indican que el éste, es considerado de baja calidad al encontrar valores mayores a 35%, como se observa en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Contenido de fibra ácido detergente (%) de maíz forrajero bajo altas densidades de población y diferentes niveles de evapotranspiración, con riego subsuperficial.

	% evapotranspiración			
Plantas/ha	60%	80%	100%	Testigo
80000	36.68	36.97	37.27	36.70
120000	36.76	38.53	35.92	36.70
160000	36.69	36.93	35.86	36.70

## Fibra Neutro Detergente

El contenido de fibra neutro detergente fue similar entre los tratamientos y los sistemas de RGS y riego por gravedad, como se observa en el Cuadro 19. Esto indica que la densidad de población, niveles de riego subsuperficial y riego superficial no afectó el contenido de fibra neutro detergente. Estos resultados superan a los obtenidos por Núñez, Faz y Contreras (2003) con 60% de FND. Sin embargo de acuerdo a la tabla de criterios de Herrera (1999) estos resultados indican que el forraje obtenido es considerado de baja calidad al tener mayores contenidos de 60% de FND.

Cuadro 19. Contenido de fibra neutro detergente (%) de maíz forrajero bajo altas densidades de población y diferentes niveles de evapotranspiración, con riego subsuperficial.

Plantas/ha	% evapotranspiración			Testigo
	60%	80%	100%	
80000	66.41	67.29	67.48	66.81
120000	66.49	69.35	66.11	66.81
160000	66.31	66.76	65.47	66.81

#### Energía Neta de Lactancia

El contenido de energía neta de lactancia fue similar entre tratamientos y los sistemas RGS y riego por gravedad, variando de 0.47 a 0.49%. Se concluye que los factores evaluados no afectaron el contenido de energía neta de lactancia, sin embargo los valores establecidos por Herrera (1999), indican que el forraje obtenido en este experimento es considerado de baja calidad. Los resultados de ENL obtenidos en el presente experimento se presentan en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Contenido de energía neta de lactancia (%) de maíz forrajero bajo altas densidades de población y diferentes niveles de evapotranspiración, con riego subsuperficial.

Plantas/ha	% evapotranspiración			Testigo
	60%	80%	100%	
80000	0.49	0.48	0.48	0.49
120000	0.49	0.47	0.49	0.49
160000	0.49	0.49	0.49	0.49

## VII. CONCLUSIONES

- La altura de planta, longitud de tallo y número de entrenudos no fueron afectados por las diferentes densidades de población y niveles de evapotranspiración con riego subsuperficial, ni por el sistema de riego por gravedad.
- El rendimiento de forraje verde y forraje seco fue similar entre las densidades de población y niveles de riego evaluados.
- La eficiencia en uso de agua fue similar entre tratamientos a diferentes niveles de evapotranspiración y densidad de población con riego subsuperficial.
- La eficiencia en uso de agua en el sistema de riego por goteo subsuperficial fue mayor que en el sistema de riego por gravedad.
- La calidad del forraje fue similar entre tratamientos, si embargo en términos generales el forraje obtenido es considerado de baja calidad.

### VIII. LITERATURA CITADA

1. Bolaños, J. 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.
2. Broster, W. H. 1983. Estrategia de Alimentación para Vacas Lecheras de Alta Producción. AGT Editor, S.A. de C.V. México. p.237-240.
3. Buró, C., K. O' CONNOR, and T. Ruehr. 1995. Fertigation. Irrigation and Training and Research Center California Polytechnic State University Publishers. 320 pag.
4. Camp, R.C. 1999. Subsurface drip irrigation Journal. April: 1-4.
5. 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. p. 151-167.
6. Carrette, J. R. y Scheneiter J. O. 1998. Maíz Para Silaje: Efecto en el Momento de Cosecha Sobre la Producción y el Valor Nutritivo del Forraje. Revista de Tecnología Agropecuaria Divulgación Técnica del INTA Pergamino. Argentina. 3(9):6-9.
7. Castellanos, R. A., Llamas Ll. G y Shimada A. S. 1990. Manual de Técnicas de Investigación en Ruminología. Sistema de Educación en Producción Animal en México A.C. p.267.
8. 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.

9. Diaz, G. A. Et al. 1999. Producción de Maíz Forrajero Bajo Cuatro Criterios de Riego y la Aplicación de Estiércol Compostado. IX Congreso Nacional de Irrigación. Culiacán Sinaloa, México.
10. Dickinson, B. 1995. Irrigation and Nutrient Management: A Conference and Trade Fair. February 2. Salinas, CA.
11. Dolstra, O., Medena. J. H., A. W de Jong. 1993. Genetic Improvement of Cell-wall Digestibility in Forage Maize (*Zea mays* L.). I. Performance of Inbred Lines and Related Hybrids. *Euphytica*. 65:187-195.
12. FAO. 1999. El Maíz en la Nutrición Humana. Editorial FAO. Oficina Regional de la FAO para América Latina.
13. Faz., C. R., D.G. Reta, G. Núñez y E. Contreras. 1998. Manejo Eficiente de los Riegos 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.
14. Faz., C. R., D. G., Núñez y E. Contreras. 2003. Manejo de Riegos en Maíz Para Forraje. Estrategia de Apoyo a la Investigación de Tecnología en Forrajes en la Región Lagunera. México.
15. Figueroa, V. U. 2003. Fertilización en Maíz Forrajero. Estrategia de Apoyo a la Investigación de Tecnología en Forrajes en la Región Lagunera. México.
16. Gargicevich, A. 2003. Efecto de la Irregularidad en el Espaciamiento Interplantas en la Línea de Siembra Sobre el Rendimiento del Maíz. Bigand, Santa Fe. Argentina.

17. Godoy A. C., Torres E. C. A., Reyes J, I y Valdez R, V. M. 1998. Sistemas de irrigación y eficiencia en el uso del agua. Informe Técnico. CELALA – INIFAP. Matamoros, Coah.
18. González, R. M., Castillo, O. I., Sánchez, C. I., Macías, R. H., Saldaña, M. J. y Ávalos, E. Obtención de una Función de Producción del Agua para el Cultivo de Alfalfa Mediante Riego por Goteo Subsuperficial (cintilla de goteo) en la Región Lagunera. XI Congreso Nacional de Irrigación. Guanajuato, Gto. 19-21 septiembre de 2001.
19. Henngeler, J. 1997. Foraging for efficiency: Subsurface drip for alfalfa. *Agricultural Irrigation*. February: 11 – 14.
20. 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.
21. Herrera, P. T., J. A. Samaniego y L. R. Galvan. 1999. Primer curso de actualización fitosanitaria en el cultivo de nogal. Patronato para la investigación y Producción de nuez A. C. Torreón, Coah. P. 1-25.
22. Herrera, S. R. 1999. La Importancia de la Calidad en los Maices y Sorgos Seleccionados para Forraje y su Efecto en la Producción y Costos de Alimentación. En: II Ciclo de Conferencias Internacionales Sobre Nutrición y Manejo. Torreón, Coah. México. Pp. 148-157.
23. Hutmacher, B., Mead, R, and Shouse P. 1999. Subsurface Drip: Improving Alfalfa Irrigation in the West. *Irrigation Journal*. June: 13-16.

24. Inzunza I, M, A. 1996. Requerimientos Hídricos de la Alfalfa en la Fase Productiva. Resúmenes 1er. día de demostración Técnica de Riegos en Alfalfa. Abril: 7 -13. CELALA – INIFAP. Matamoros, Coah.
25. 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.
26. Lianne. B. L., Dwyer and E. C. Gregorich. 1999. Soil Nitrogen Amendment Affects on Nitrogen Uptake and grain yield of Maize. *Agron. J.* 91:650-656.
27. Llanos, M. C. 1984. El Maíz; Su Cultivo y Aprovechamiento. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. pp. 65-73.
28. Marten, C. G. 1985. Proceedings of the XV International Grassland Congress. Kyoto, Japan. 89-97.
29. 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.
30. Navarro N., A. 1996. Métodos Indirectos de Medición de Área Foliar en Frijol. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. México.
31. Nelson J. C. and Moser, E.L. 1994. Forage Quality, Evaluation and Utilization. American Society of Agronomy Inc. Wisconsin, USA. p. 117.
32. 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 Cuarto Nacional. SARH. Zapopan, Jal., México. Pp. 305-309.

33. 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.
34. Núñez, H. G., Faz, C. R., Contreras, G. F. 2003. Cosecha del Maíz Forrajero. Estrategia de Apoyo a la Investigación y a la Transferencia de Tecnología en Forrajes en la Región Lagunera. INIFAP. México.
35. 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-SAGAR. México. pp. 5-8.
36. Núñez, H. G., Santamaría C. J., Faz C.R., contreras G.F., Castro M. E. y Chew 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.
37. Phene, C. J. 1999. Subsurface drip irrigation. Irrigation Journal. April: 1-8.
38. 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 13<sup>th</sup> Congress of maize and Sorghum Section of EUCARPIA 1986. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, the Netherland. Pp. 123-130.
39. Reta, S., David G. et al.. Guía para Cultivar Maíz Forrajero en Surcos Estrechos. Junio 2002. CELALA- INIFAP, Matamoros, Coah. 24 p.
40. Reyes, C., P. 1990. El Maíz y su Cultivo. A.G.T. Editor, S.A. de C.V. México.

41. Robles S., R. 1990. Maíz. Producción de Granos y Forrajes. Quinta Edición. LIMUSA. México. p. 9-52.
42. Rojas, P. L., Briones, S. G. Diseño y Operación de Sistemas de Riego. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Agosto de 2001.
43. SAGARPA, Delegación Laguna. Hectáreas de Maíz Forrajero. Ciclo primavera-verano 2003.
44. SIAP. 2002. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria. SAGARPA. Región Lagunera. Lerdo de Tejada, Dgo. México.
45. Striuk, P.C., EDINUM, B. 1990. The Ideotype for Forage Maize. Proc. XVth Eucarpia Maize and Sorghum Section Congress; June 4-8. Badem Near Vienna, Austria. P. 223-234.
46. Stuteville, D. L y D. C. Edwin. 1990. Compendium of Alfalfa Diseases. 2nd. Ed. APS. Press. St. Paúl, Minnesota. 84 p.
47. Turner, V. y N. K. Van Alfen. 1983. Crown Rot of Alfalfa in Utah. Phytopathology 73: 1333-1337.
48. Van Soest. P. J. 1998. Calidad del Forraje y Valor Relativo de la Alfalfa y Pastos. IV Conferencias Internacionales Sobre Nutrición y Manejo 98. Torreón, Coah. México. Pp. 20-31.
49. Van Soest, P-J. 1994. Nutricional Ecology of the Ruminants. Second Edition. Cornell University Press, Ithaca N.Y., p. 476.

50. Vera, U. M. y Vázquez, L. J. I. Productividad y Valor nutritivo de 30 Genotipos de Maíz (*Zea mays* L) Para Forraje en la Región de Valles Altos. Chapingo, México, Mayo del 2001.
51. Vuelas, C. M. A., J. G. Díaz de León T. J. M. A. Almaráz R. 1999. Producción de Maiz con Riego por Goteo. Memorias 1er. Simposium Internacional de Irrigación y Nutrición Vegetal. León, Guanajuato, México. P 57-64.
52. Zimmer. E. and Wermke, M. 1985. Improving the Nutritive Value of Maize. Proc 13th Congreso Maize and Sorgum Section of Escarpia. 9-12 September. Wageningen. The Netherland. Pp. 91-100.

## IX. PAGINAS WEB CONSULTADAS

<http://www.merkasi.com/docuagro/CONSERVA3.htm>

[http://www.ppi-far.org/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/AF](http://www.ppi-far.org/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/AF)

<http://www.ppi-far.org/ppiweb/ltams.nsf/87>

<http://web.usal.es/~javisan/hidro/temas/T040.pdf>

...  
... población ...  
... Región C ...

---

CONDICIONES	3	0%
GRUPO A	2	0%
GRUPO B	6	0%
GRUPO C	2	0%
GRUPO D	4	0%
GRUPO E	18	0%
TOTAL	25	0%

---

... (ERROR B) = 11 %

## X. APENDICE

Apéndice1. Contenido de materia seca (%) de maíz forrajero, bajo altas densidades de población con riego subsuperficial con diferentes niveles de evapotranspiración. Ciclo primavera-verano 2003. Torreón, Coah.

Población Plantas/ha	Riegos (% de ET)				Testigo
	60	80	100	Media	
80,00	29.17	31.62	31.64	30.71	25.64
120,000	30.98	31.47	35.75	32.73	27.07
160,000	31.52	32.94	30.37	31.61	26.64
<b>Media</b>	30.56	32.01	32.49	31.68	26.45

Apéndice 2. Análisis de varianza de altura de plantas de maíz forrajero, bajo altas densidades de población con riego subsuperficial a diferentes niveles de evapotraspiración. Ciclo primavera-verano 2003. Torreón, Coah.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	3	0.149902	0.049967	3.5395	0.088
FACTOR A	2	0.070526	0.035263	2.4979	0.162
ERROR A	6	0.084702	0.014117		
FACTOR B	2	0.148788	0.074394	0.9852	0.605
INTERACCION	4	0.174225	0.043556	0.5768	0.686
ERROR B	18	1.359253	0.075514		
TOTAL	35	1.987396			

C.V. (ERROR B) = 11.88%

Apéndice 3. Análisis de varianza de longitud de tallos de plantas de maíz forrajero, bajo altas densidades de población con riego subsuperficial, a diferentes niveles de evapotranspiración. Ciclo primavera-verano 2003. Torreón, Coah.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	3	0.046257	0.015419	0.7579	0.559
FACTOR A	2	0.077171	0.038586	1.8966	0.230
ERROR A	6	0.122070	0.020345		
FACTOR B	2	0.073692	0.036846	0.5277	0.604
INTERACCION	4	0.265533	0.066383	0.9507	0.541
ERROR B	18	1.256859	0.069825		
TOTAL	35	1.841583			

C.V. (ERROR B) = 14.08%

Apéndice 4. Análisis de varianza de número de entrenudos de plantas de maíz forrajero, bajo altas densidades de población con riego subsuperficial a diferentes niveles de riego. Ciclo primavera-verano 2003. Torreón, Coah.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	3	3.835449	1.278483	1.1246	0.412
FACTOR A	2	3.586914	1.793457	1.5776	0.281
ERROR A	6	6.820801	1.136800		
FACTOR B	2	0.656738	0.328369	0.3005	0.748
INTERACCION	4	12.677734	3.169434	2.9001	0.051
ERROR B	18	19.671875	1.092882		
TOTAL	35	47.249512			

C.V. (ERROR B) = 8.42%

Apéndice 5. Análisis de altura final de plantas de maíz forrajero, bajo altas densidades de población con riego subsuperficial a diferentes niveles de riego. Ciclo primavera-verano 2003. Torreón, Coah.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	3	0.2399	0.0799	3.4578	0.092
FACTOR A	2	0.0085	0.0042	0.1840	0.836
ERROR A	6	0.1387	0.0231		
FACTOR B	2	0.0864	0.0432	1.8006	0.192
INTERACCION	4	0.1084	0.0271	1.1287	0.375
ERROR B	18	0.4322	0.0240		
TOTAL	35	1.0144			

C.V. (ERROR B) = 5.77%

Apéndice 6. Análisis de varianza materia seca de maíz forrajero, bajo altas densidades de población con riego subsuperficial, a diferente niveles de riego. Ciclo primavera-verano 2003. Torreón, Coah.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	3	22.19	7.39	0.708	0.583
FACTOR A	2	24.32	12.16	1.164	0.375
ERROR A	6	62.69	10.44		
FACTOR B	2	24.70	12.353	0.8374	0.549
INTERACCION	4	58.52	14.631	0.9951	0.563
ERROR B	18	264.79	14.71		
TOTAL	35	457.246			

C.V. (ERROR B) = 12.10%

Apéndice 7. Análisis de varianza de rendimiento de forraje verde de maíz forrajero, bajo altas densidades de población con riego subsuperficial, a diferentes niveles de evapotranspiración. Ciclo primavera-verano 2003. Torreón, Coah.

### ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	3	426.109	142.0364	1.282	0.363
FACTOR A	2	134.937	67.4687	0.609	0.577
ERROR A	6	664.296	110.716		
FACTOR B	2	208.976	104.4882	1.240	0.313
INTERACCION	4	539.117	134.7792	1.599	0.217
ERROR B	18	1516.515	84.2508		
TOTAL	35	3489.95			

C.V. (ERROR B) = 18.97%

Apéndice 8. Análisis de varianza de rendimiento de forraje seco de maíz forrajero, bajo altas densidades de población con riego subsuperficial a diferentes niveles de evapotranspiración. Ciclo primavera-verano 2003. Torreón, Coah.

### ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	3	36.154	12.051	0.9774	0.535
FACTOR A	2	17.708	8.8540	0.7181	0.528
ERROR A	6	73.983	12.330		
FACTOR B	2	9.8408	4.9204	0.5791	0.575
INTERACCION	4	45.209	11.3024	1.3302	0.296
ERROR B	18	152.948	8.4971		
TOTAL	35	335.844			

C.V. (ERROR B) = 19.23%

Apéndice 9. Datos de Evaporación (Tanque Evaporímetro), cálculo de Etr y tiempo de riego.

JULIO									
	Ev	PP	Etp	Etr 1.0	Etr 0.80	Etr 0.60	T de riego H		
							100	80	60
1	4.04		3.232						
2	8.32		6.656						
3	7.42		5.936						
4	6.08	2.08	4.864						
5	8.41		6.728						
6	7.66		6.128						
7	7.74	6.02	6.192						
8	5.52	0.4	4.416						
9	5.62	0.01	4.496						
10	6.04		4.832						
11	10.58		8.464						
12	10.03		8.024						
13	11.3		9.04						
14	10.68		8.544						
15	11.2		8.96						
16	12.41		9.928						
17	10.68		8.544						
18	11.49		9.192						
19	10.95		8.76						
20	9.12		7.296						
21	10.71		8.568						
22	11.29		9.032				2.937	2.350	1.762
23	11		8.8	8.8	7.04	5.28	2.777	2.222	1.666
24	10.4		8.32	8.32	6.656	4.992	3.551	2.841	2.131
25	13.3		10.64	10.64	8.512	6.384	1.947	1.557	1.168
26	7.29		5.832	5.832	4.6656	3.4992	1.786	1.429	1.072
27	6.69		5.352	5.352	4.2816	3.2112	1.720	1.376	1.032
28	6.44		5.152	5.152	4.1216	3.0912	2.243	1.794	1.346
29	8.4	0.01	6.72	6.72	5.376	4.032	1.482	1.186	0.889
30	5.55		4.44	4.44	3.552	2.664	2.222	1.777	1.333
31	8.32		6.656	6.656	5.3248	3.9936			

AGOSTO									
	Ev	PP	Etp	Etr 1.0	Etr 0.80	Etr 0.60	T de riego H		
							100	80	60
1	10.94		8.752	8.752	7.0016	5.2512	2.921	2.337	1.753
2	8.43		6.744	6.744	5.3952	4.0464	2.251	1.801	1.351
3	10.07		8.056	8.056	6.4448	4.8336	2.689	2.151	1.613
4	10.36		8.288	8.288	6.6304	4.9728	2.766	2.213	1.660
5	13.15		10.52	10.52	8.416	6.312	3.511	2.809	2.107
6	12		9.6	9.6	7.68	5.76	3.204	2.563	1.923
7	10.39		8.312	8.312	6.6496	4.9872	2.774	2.219	1.665

8	12.72		10.176	10.176	8.1408	6.1056	3.397	2.717	2.038
9	10.21		8.168	8.168	6.5344	4.9008	2.726	2.181	1.636
10	9.09		7.272	7.272	5.8176	4.3632	2.427	1.942	1.456
11	10.37		8.296	8.296	6.6368	4.9776	2.769	2.215	1.661
12	9.05		7.24	7.24	5.792	4.344	2.417	1.933	1.450
13	11.33		9.064	9.064	7.2512	5.4384	3.025	2.420	1.815
14	8.7		6.96	6.96	5.568	4.176	2.323	1.858	1.394
15	10.7		8.56	8.56	6.848	5.136	2.857	2.286	1.714
16	8.57		6.856	6.856	5.4848	4.1136	2.288	1.831	1.373
17	5.35		4.28	4.28	3.424	2.568	1.429	1.143	0.857
18	9.55		7.64	7.64	6.112	4.584	2.550	2.040	1.530
19	10.69		8.552	8.552	6.8416	5.1312	2.854	2.284	1.713
20	7.71		6.168	6.168	4.9344	3.7008	2.059	1.647	1.235
21	10.43		8.344	8.344	6.6752	5.0064	2.785	2.228	1.671
22	11.8	0.4	9.44	9.44	7.552	5.664	3.151	2.521	1.891
23	8.91		7.128	7.128	5.7024	4.2768	2.379	1.903	1.428
24	1.22	7	0.976						
25	2.94	2.8	2.352						
26	4.49	0.01	3.592	3.592	2.8736	2.1552	1.199	0.959	0.719
27	6.31		5.048						
28	8.08		6.464	6.464	5.1712	3.8784	2.158	1.726	1.295
29	10.65		8.52						
30	8.07		6.456	6.456	5.1648	3.8736	2.155	1.724	1.293
31	8.5		6.8						

SEPTIEMBRE									
	Ev	PP	Etp	Etr 1.0	Etr 0.80	Etr 0.60	T de riego H		
							100	80	60
1	7.42		5.936	5.936	4.7488	3.5616	1.981	1.585	1.189
2	5.18	0.01	4.144	4.144	3.3152	2.4864	1.383	1.107	0.830
3	6.7	0.1	5.36	5.36	4.288	3.216	1.789	1.431	1.073
4	5.17	5.8	4.136						
5	5.87	0.6	4.696						
6	7.28		5.824	5.824	4.6592	3.4944	1.944	1.555	1.166
7	7.27		5.816						
8	7.95		6.36	6.36	5.088	3.816	2.123	1.698	1.274
9	8.82		7.056						
10	6.93		5.544	5.544	4.4352	3.3264	1.850	1.480	1.110
11	6.18		4.944						
12	6.63	3.8	5.304	5.304	4.2432	3.1824	1.770	1.416	1.062
13	9.91		7.928						
14	7.05		5.64						
15	8.5		6.8	6.8	5.44	4.08	2.270	1.816	1.362
16	4		3.2						
17	4.45	5.4	3.56						
18	4.34	1.8	3.472						
19	3.52	0.8	2.816						
20	0.54	26.2	0.432						
21	0	28.8	0						
22	2.82	1.8	2.256						

23	4.99		3.992						
24	4.97		3.976						
25	7.61	10.2	6.088						
26	5.08		4.064						
27	6.31	3.2	5.048						
28	5.12		4.096						
29	3.92		3.136						
30	5.28		4.224						
		<b>107.24</b>	<b>580.216</b>	<b>308.112</b> <b>415.352</b>	<b>246.4896</b> <b>353.7296</b>	<b>184.8672</b> <b>292.1072</b>	<b>102.841</b>	<b>82.273</b>	<b>61.705</b>

<b>Lr. Tot. (cm) + PP =</b>	<b>41.5352</b>	<b>35.37296</b>	<b>29.21072</b>
<b>Lr. Total (cm) =</b>	<b>30.81</b>	<b>24.65</b>	<b>18.49</b>
<b>Lr. Aniego (cm) =</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
<b>Aniego + Lr (cm) =</b>	<b>50.81</b>	<b>44.65</b>	<b>38.49</b>
<b>Aniego + Lr (cm) + PPtotal=</b>	<b>61.54</b>	<b>55.37</b>	<b>49.21</b>
<b>Aniego + Lr (cm) + PPefectiva =</b>	<b>60.538</b>	<b>54.378</b>	<b>48.218</b>