

**PRODUCCIÓN, CALIDAD E ÍNDICES DE CRECIMIENTO  
DEL MAÍZ FORRAJERO BAJO RIEGO POR GOTEÓ  
SUBSUPERFICIAL**

**PABLO YESCAS CORONADO**

**TESIS**

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

**DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS**



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

**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**Torreón, Coahuila, México**

**Diciembre de 2005**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

SUBDIRECCION DE POSGRADO

**PRODUCCIÓN, CALIDAD E ÍNDICES DE CRECIMIENTO DEL MAÍZ  
FORRAJERO BAJO RIEGO POR GOTEO SUBSUPERFICIAL**

TESIS

POR

**PABLO YESCAS CORONADO**

Elaborada bajo la supervisión del H. comité particular y aprobada como requisito parcial, para optar el grado de

**DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS**

**COMITÉ PARTICULAR**

Asesor principal:

\_\_\_\_\_  
PhD. Vicente de Paúl Álvarez Reyna

Asesor:

\_\_\_\_\_  
PhD. Vicente Hernández Hernández

Asesor:

\_\_\_\_\_  
PhD. Emiliano Gutiérrez del Río

Asesor:

\_\_\_\_\_  
PhD. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. Guillermo García Legaspi

\_\_\_\_\_  
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Subdirector de Postgrado

\_\_\_\_\_  
M. C. Gerardo Arellano Rodríguez  
Jefe del Departamento de Postgrado

Torreón, Coahuila, Diciembre de 2005.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (**DGETA**) por las facilidades otorgadas para la realización de los estudios de Doctorado.

Al Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica (**COSNET**) por la autorización de los permisos y apoyos económicos para la realización de los estudios doctorales.

A la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (**DGEST**) por su apoyo a la culminación de este doctorado, con el apoyo otorgado para la obtención del grado.

**Al Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10** y a su director el Ing. Nathanael Flores González por darme la oportunidad de prepararme y servir con satisfacción profesional a mi Institución, por proporcionar permisos y facilitarme las instalaciones del Instituto para la realización del estudio de investigación de tesis. Por México y su crecimiento.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna**, por haberme recibido en sus aulas y permitirme crecer en esquemas cognitivos y prácticos, requeridos para alcanzar el grado de Doctor en Ciencias Agrarias.

A mi asesor principal PhD. Vicente de Paúl Álvarez Reyna, por sus conocimientos, apoyo, orientación y consejos en el tiempo que duró mi formación para la obtención del grado de doctor. Mi agradecimiento eterno. Espero potenciar las enseñanzas que me transmitió.

A mi comité de asesores: PhD. Vicente Hernández Hernández, PhD. Emiliano Gutiérrez del Río, PhD. Sergio A. Rodríguez Herrera y Dr. Guillermo García Legaspi, un reconocimiento a su capacidad profesional, a su ayuda en la revisión del trabajo de tesis. Muchas Gracias.

Al M.C. Juan Jaime Guerrero Martínez por su actitud siempre positiva por apoyarme en la agilización de los trámites necesarios para la obtención de los permisos de beca sueldo y apoyos económicos ante las instancias correspondientes.

Al Dr. Jerónimo Landeros Flores, M.C Jaime Lozano y M.C Gerardo Arellano Rodríguez por brindarme su amistad y apoyo para culminar con éxito esta meta.

Mi agradecimiento sincero a mis amigos y compañeros de trabajo y estudio Jorge Arnaldo Orozco Vidal y José Eligio Sánchez Hernández, por las experiencias de crecimiento y estudio compartidas en este periodo de cuatro años. Que la amistad forjada, perdure para siempre.

## DEDICATORIA

A Dios por prestarme la vida, por guiar mis pasos por el camino del bien y sobre todo por brindarme sentido común y humildad para lograr las metas que me he propuesto, **gracias, Señor....**

En memoria de mis abuelos **Pablo Yescas Alvarado** y **Juana Valles Pérez**, quienes fueron mi apoyo y sostén durante una etapa de mi vida, sus consejos y su recuerdo siempre los llevo conmigo. Donde quiera que se encuentren quiero que se sientan orgullosos de mí.

Con respeto y cariño para mis padres **Ma. de la Luz Coronado Mendoza** y **Rosalío Yescas Valles**, por hacer de mi un hombre de provecho, por inculcar en mi el afán de superación como meta de vida, en especial a mi madre, esa personita que fue y ha sido gigante en la vida para conducirnos siempre adelante, por el camino de honradez y honestidad, con merecidos logros, recibe los frutos que sembraste en nuestra familia, Madre nunca desistas.

A mis hermanos **Felipe, Pedro, Carlos, Antonio, Josefina** y **Román**, por su apoyo y afecto incondicional esperando no defraudarlos nunca como hermano ni como persona, este peldaño escalado en mi vida profesional va por ustedes.

Para mis sobrinos y mis cuñadas que son parte de mi familia, por la cohesión que permite subsistir en cada día de nuestra vida en común. Hoy y siempre podrán contar conmigo.

A **Mary, Claudia y Carolina**, por brindarme su amistad desde hace muchos años, permítanme compartir mis metas con ustedes.

## **COMPENDIO**

### **Producción, calidad e índices de crecimiento del maíz forrajero bajo riego por goteo subsuperficial**

**Por**

Pablo Yescas Coronado

### **DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO” Unidad Laguna**

**Torreón, Coahuila. Diciembre 2005**

Un estudio de campo se realizó en terrenos del campo experimental del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10 durante el verano en los años 2003 y 2004. El primer año se evaluó la influencia de tres niveles de riego en base a la evapotranspiración (ET) y tres densidades de población (DP), utilizando cintilla colocada subsuperficialmente (RGS) sobre el rendimiento y calidad del maíz forrajero. Los tratamientos consistieron en tres niveles de ET (60, 80 y 100 %) y tres DP (80, 120 y 160 mil plantas ha<sup>-1</sup>) y un testigo regado superficialmente. Los tratamientos fueron distribuidos en un arreglo de parcelas divididas en un diseño bloques al azar. Las variables evaluadas: rendimiento de forraje verde y seco, altura de planta y calidad del forraje no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, solo se encontró diferencia estadística para eficiencia en uso de agua. En el segundo año de esta investigación, utilizando

la técnica de análisis de crecimiento, se evaluaron dos híbridos de maíz comerciales NOVASEM (9620 y 9616) bajo condiciones de RGS para determinar su dinámica de crecimiento, eficiencia en producción y distribución de biomasa a partir de muestreos destructivos de planta realizados a los 46, 56, 67 y 80 días después de la siembra (dds). Se estudiaron niveles de riego (ET) de 60, 80 y 100 % y dos híbridos, distribuidos en un arreglo de parcelas divididas en bloques completos al azar y cuatro repeticiones. En cada muestreo se colectaron dos plantas por parcela para determinar área foliar, peso seco total y peso seco de órganos vegetativos y fructíferos. Los datos de área foliar y peso seco se utilizaron para estimar tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) y relación de peso foliar (RPF). Se detectaron diferencias estadísticas entre niveles de ET para RAF, AFE y RPF, en el caso de los híbridos estudiados no se encontró diferencia estadística en los índices evaluados. Sin embargo, el Híbrido 9620 presentó la tendencia a mayor IAF, acumuló más biomasa total y biomasa en los órganos vegetativos y reproductivos que el híbrido 9616. En el período muestreado, el híbrido 9620 presentó la misma tendencia en TCC y TAN. Los híbridos presentaron valores de RPF similares lo cual indica que, independientemente del híbrido, las plantas asignan el mismo porcentaje de fotoasimilados a su estructura foliar. En ET, se detectó diferencia significativa, siendo los tratamientos con el 100 % de ET los que presentaron los valores más altos de RPF.



## **ABSTRACT**

### **Production, Quality and Growth Indexes of Corn Forage Under Subsurface Drip Irrigation**

**By**

Pablo Yescas Coronado

#### **DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO” Unidad Laguna  
Torreón, Coahuila. Diciembre 2005**

A field study was conducted in 2003 and 2004 years at the experimental field of the Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10. The first year was evaluated the influence of three evapotranspiration (ET) levels and three plant densities (PD), using subsurface tape, on the yield and quality of corn forage. The treatments consisted of three ET levels (60, 80 and 100 %) and three PD (80, 120 y 160 thousands plants ha<sup>-1</sup>) and one control treatment (surface irrigation). The experimental design was a split plot with main plots (irrigation treatments) in randomized complete blocks and the three plant densities (subplots) randomly arranged as split plots over each of the main plots. Significant differences were not found among irrigation treatments and plant densities, for the evaluated variables a except for water use efficiency.

In 2004 growth analysis was carried out to evaluate plant community growth of the commercial hybrids corn NOVASEM 9620 and 9616 under differentially irrigated through drip irrigation system (SDI) to determine their growth dynamic, production efficiency and biomass distribution were obtained from the plant sampling data realized at 46, 56, 67 and 80 days after planting (DAP). The irrigation treatments evaluated consisted of three evapotranspiration levels (ET) (60, 80 and 100 %) and two corn hybrids. The experimental design was a split plot in randomized complete block and four replications. Two plants per plot were collected in every sampling, to determine plant leaf area, total dry matter and dry weight of vegetative and fructiferous organs. The plant components of the harvested samples were used to estimate crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), leaf area index (LAI), leaf area ratio (LAR), specific leaf area (SLA) and leaf weight ratio (LWR). The statistical analysis detected differences between levels (ET) for LAR, SLA, and LWR. There was not found significant difference between hybrids. However, the 9620 hybrid showed the tendency to greater LAI, and accumulated more total biomass and vegetative and reproductive organs biomass than hybrid 9616. During the sampled period, 9620 hybrid also had the tendency to higher values of CGR and NAR. The hybrids had similar LAR values, which indicate that independently from hybrid plants, give the same percentage of photo assimilated to foliar structure. Significant difference was detected for the ET. The treatments that received more water (100 % ET) had the higher values of LWR.

## ÍNDICE

<b>COMPENDIO</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	ix
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	4
<b>Aspectos generales del maíz forrajero</b>	4
Origen del Maíz	4
Descripción Botánica y Morfológica	4
Importancia del cultivo de maíz forrajero	6
Características de una Planta Forrajera Ideal	7
Productividad del Maíz para Forraje	8
Calidad Nutricional del Maíz	9
<b>Factores que Determinan la Producción y Calidad</b>	
<b>Nutricional del Maíz</b>	11
<b>Factores Climáticos</b>	11
Temperatura	11
Radiación	12
Viento	12
Fotoperíodo	13
Precipitación	13
<b>Factores Edáficos</b>	14
<b>Factores Genéticos</b>	14

<b>Densidad de Población</b>	15
<b>Riego por Goteo Subsuperficial en Maíz Forrajero</b>	16
<b>Índices de crecimiento en el cultivo del maíz</b>	19
<b>ARTÍCULO I.</b> Producción y calidad de maíz forrajero con riego por goteo subsuperficial	21
<b>ARTÍCULO II.</b> Índices de crecimiento en maíz forrajero bajo riego por goteo subsuperficial	39
<b>LITERATURA CITADA</b>	60
<b>APÉNDICE</b>	67
<b>Anexo 1.</b> Carta de recepción de la Revista TERRA: artículo I	68
<b>Anexo 2.</b> Carta de recepción de la Revista FITOTECNIA MEXICANA: artículo II	69

## INTRODUCCIÓN

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. 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. Este cultivo ocupa una superficie aproximada de 22,000 hectáreas, las cuales en su mayoría son regadas con agua de bombeo, siendo poca la superficie que se riega con agua de gravedad (SIAP, 2002).

En la Comarca Lagunera el principal factor limitante de la producción de cultivos es el recurso agua, por lo cual la producción agrícola en la región depende del agua disponible en presas y agua del subsuelo, por lo cual el uso de sistemas de riego sofisticados eficientes, manejo y aplicación del agua es prioritario si se quiere seguir produciendo forrajes que requieran menos agua que el principal cultivo forrajero de la región, la alfalfa, sin dejar de abastecer la demanda de alimento para el ganado y disminuyendo hasta donde sea posible el abatimiento del acuífero subterráneo (Godoy *et al.*, 1998).

Una alternativa viable a esta problemática lo representa el uso de sistemas de riego como el riego por goteo que en este cultivo no es muy común instalarlo bajo la superficie del suelo (subsuperficialmente), el cual transporta el agua en conductos cerrados y la suministra en determinadas

cantidades en función de la demanda del cultivo y al mismo tiempo, impide el desperdicio, la salinidad y la elevación del nivel freático (Dickinson, 1995).

El uso de la evapotranspiración del cultivo como una herramienta para estimar su demanda hídrica, facilita la aplicación del riego con la medición de la evaporación diaria obtenida en un tanque evaporímetro tipo "A" con un grado de certeza confiable que lo hace ser un método práctico para estimar necesidades hídricas de los cultivos (Doorenbos y Pruitt, 1974).

Otro aspecto importante dentro del manejo del cultivo lo representa la productividad del mismo, que es función de factores genéticos, edáficos, climáticos y de la disponibilidad de recursos hídricos. Por lo tanto, para conocer la dinámica de desarrollo del cultivo se ha utilizado la técnica de los índices de crecimiento como la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), tamaño del aparato fotosintético, relación de área foliar (RAF), área foliar específica, etc., con la finalidad de evaluar el comportamiento del cultivo durante su ciclo fenológico, ya que existe una fuerte relación entre la productividad y área foliar de la planta, debido a que las plantas producen materia seca a través de la fotosíntesis y la captura de radiación solar por las hojas verdes, siendo éstas las partes más importantes del aparato fotosintético de la planta. Además, diversos estudios fisiológicos visualizan que el rendimiento de un cultivo depende del tamaño y eficiencia del sistema fotosintético de la planta. La importancia del índice de área foliar (IAF) en la tasa de crecimiento de un cultivo se basa principalmente en la intercepción de

la luz, la duración del área foliar depende del genotipo, fotoperíodo, temperatura y condiciones de cultivo (Bolaños y Edmeades, 1993).

Por lo anterior se establecieron dos trabajos de investigación durante los ciclos primavera verano 2003 y 2004 con los siguientes objetivos: 1) Determinar la mejor densidad poblacional, nivel de riego y eficiencia en uso de agua en el cultivo de maíz forrajero bajo condiciones de riego por goteo subsuperficial (RGS) y 2) Determinar la eficiencia en producción, distribución de biomasa y dinámica de crecimiento de dos híbridos de maíz forrajero bajo condiciones de RGS.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Aspectos generales del maíz forrajero**

#### **Origen del Maíz**

El cultivo de maíz tuvo su origen, con toda probabilidad, en América central, especialmente en México, de donde se difundió hacia todo el continente. La evidencia más antigua de la existencia de maíz, data de unos 7,000 años de antigüedad, siendo encontrada por arqueólogos en el Valle de Tehuacán (México). Sin embargo, es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en América. (FAO, 1999).

#### **Descripción Botánica y Morfológica**

El maíz es una planta anual con gran desarrollo vegetativo, que se puede describir como un sistema metabólico cuyo producto final es fundamentalmente almidón, depositado en órganos especializados, los granos. El desarrollo de la planta se puede dividir en dos fases fisiológicas. En la primera fase vegetativa, se desarrollan y diferencian distintos tejidos hasta que aparecen las estructuras florales, esta fase vegetativa consta de dos ciclos. En el primero se forman las primeras hojas y el desarrollo es ascendente; la producción de materia seca es lenta y finaliza con la diferenciación tisular de los órganos de reproducción. En el segundo ciclo se desarrollan las hojas, órganos de reproducción; y termina



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

Existe una relación fuerte entre la productividad y duración del área verde de la planta, ya que esta produce materia seca a través de la fotosíntesis y la captura de radiación por las hojas verdes. Además, las hojas son la parte más importante 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. La importancia del IAF en la tasa de crecimiento de un cultivo se basa mayormente en la intercepción de luz. Un óptimo IAF se presenta 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 del cultivo (Bolaños y Edmeades, 1993).

## **Importancia del cultivo de maíz forrajero**

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).

En el año 2003 se sembraron en la región Lagunera un total de 21,736 hectáreas de maíz forrajero, de las cuales 14,380 fueron de bombeo y, 7,356 con riego por gravedad, durante el ciclo primavera verano; obteniendo una producción de 954,882 toneladas con un valor de 200 millones 525 mil 220 pesos (SAGARPA, 2003).

Una cualidad sobresaliente del maíz forrajero es su eficiencia en uso de agua, lo que lo hace ser 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 durante el verano, lo que es deseable en explotaciones que requieren hacer un uso intensivo del suelo. El maíz también puede ser una buena opción para utilizarse como cultivo de rotación en terrenos con problemas de enfermedades radiculares como pudrición texana y verticillium (Reta *et al.*, 2002).

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

## **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 *et al.*, 1998).

La producción de forraje y de grano tiende a incrementarse conforme aumenta el ciclo vegetativo del híbrido. Así mismo, se observa que conforme aumenta la densidad de plantas en híbridos de ciclo tardío se incrementa la producción de forraje y rendimiento de grano, disminuyendo la proporción grano: rastrojo. En los híbridos de ciclo precoz e intermedio con densidad de 70,000 plantas por hectárea se obtienen buenos rendimientos tanto de forraje como de grano.

Las variedades de maíz de mayores rendimientos, son de ciclo vegetativo de 100 a 140 días, en las de menos de 100 días se obtiene poca producción de grano y/o forraje verde o materia seca (Robles, 1990).

Los genotipos de ciclo tardío por lo general tienen más producción de materia seca asociada con el índice de área foliar y duración del área verde de la hoja. Es recomendable el uso de híbridos de ciclo ligeramente tardío para

ensilado, de tal manera que el cultivo pueda ser cosechado con humedad adecuada y para garantizar una óptima conservación (Coors *et al.*, 1994).

### **Calidad Nutricional del Maíz**

El valor nutritivo de un forraje es una expresión del potencial del animal para producir, el cual está integrado por el consumo de alimento, eficiencia energética y digestibilidad. La digestibilidad se considera la medida más cercana a la determinación del valor nutritivo (Van Soest, 1994).

La 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 factores relacionados con los animales. En los primeros se encuentran el clima, suelo, plagas, enfermedades, genotipo, parte de la planta y madurez. En los factores relacionados con el animal se mencionan raza, sexo, talla, condición corporal y edad, entre otros (Marten, 1985).

La digestibilidad es una medición de uso común para conocer la utilización de los nutrientes, alimentos o dietas, permite conocer el grado de aprovechamiento de un alimento por el animal. El valor usualmente utilizado es el coeficiente de digestibilidad aparente expresado como % de la MS (Castellanos *et al.*, 1990).

La digestibilidad de la materia se relaciona positivamente con el 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 % (Núñez *et al.*, 1999; Herrera *et al.*, 1997).

Una estrategia para incrementar el contenido de energía de los ensilados de maíz cuando las condiciones no permiten obtener una buena calidad nutritiva, es elevar la altura de corte de tal manera que permita aumentar la relación grano-forraje. Por cada 15.0 cm en aumento de la altura de corte se pierde una tonelada de forraje seco por hectárea, forraje que tiene una baja calidad nutricional, según Kezar (1998) citado por Núñez, *et al.*, (2003). 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.

Existe una relación inversa entre la calidad y producción del forraje. Los altos rendimientos de forraje usualmente van acompañados por una disminución en la calidad del mismo; de tal manera, 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).

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

### **Factores Climáticos**

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

#### **Temperatura**

El cultivo de maíz presenta problemas cuando la temperatura promedio es inferior a 18.9 °C durante el día y de 12.8 °C durante la noche (Reyes, 1990).

Si el maíz sufre temperaturas bajas durante la formación del grano, la actividad fotosintética disminuye rápidamente y el rendimiento de la planta disminuye de un 25 a un 27 % en su contenido de materia seca, lo que afecta la calidad del ensilado. Las altas temperaturas después del desarrollo, incrementan la producción de materia seca y tienden a reducir la digestibilidad de la parte vegetativa de la planta (planta sin mazorca) a causa del incremento del contenido de las paredes celulares. 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 y humedad relativa tienen un efecto en la actividad metabólica de las plantas influyendo en la concentración de azúcares libres y en los contenidos de los componentes de la pared celular (FDN y FDA), (Herrera, 1999).

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 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 aumentando el requerimiento de agua por las plantas, especialmente si esto ocurre durante la polinización y llenado de grano, (Herrera, 1999).



## **Fotoperíodo**

El maíz se considera una planta de fotoperíodo corto (Reyes, 1990), aunque algunos autores lo consideran una planta insensible al fotoperíodo debido a que se adapta a regiones de fotoperíodo neutros, cortos o largos (Robles, 1990).

La variación estacional de luz afecta la calidad del forraje. El forraje cosechado en primavera, así como al final del verano o en el otoño, tiene mayor contenido de hojas y proteína, que el producido en verano, considerando que todos tienen el mismo estado de madurez. Una disminución de 30 a 40 % en la intensidad de la luz produce un retraso en la madurez de 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. La precipitación puede disminuir considerablemente la calidad del forraje al romper y destruir las hojas (una vez cortado), lixiviar los nutrientes y prolongar la respiración (Van Soest, 1998).

## **Factores Edáficos**

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

## **Factores Genéticos**

El genotipo es el material que constituye a un individuo, compuesto de numerosas subunidades llamadas genes, posee propiedades físicas y químicas específicas que determinan la naturaleza del fenotipo. Esta definición de genotipo incluye tanto a híbridos y variedades cuando se habla de un cultivo determinado, sin hacer distinción alguna entre ambos. Numerosos estudios presentan 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).

## Densidad de Población

Resultados de investigación y validación obtenidos en la Región lagunera durante los ciclos 2000 y 2001, indican que el uso de genotipos tolerantes a altas densidades de población (86 a 112,000 plantas por hectárea), y el uso de surcos estrechos permite obtener un incremento promedio en rendimiento de forraje seco de 17 %, sin disminuir la calidad del forraje.

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

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

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

### **Riego por Goteo Subsuperficial en Maíz Forrajero**

Una alternativa para incrementar la eficiencia, y aprovechamiento del agua en el cultivo del maíz forrajero, es utilizar un sistema de riego que transporte el agua en conductos cerrados y que suministre determinadas cantidades de agua debajo de la superficie del suelo, en función de la demanda de cultivo y que impida el desperdicio, salinidad y alza del nivel freático, este sistema es denominado riego por goteo subsuperficial. Este sistema es una estrategia reciente y alentadora para mejorar la eficiencia en uso de agua utilizando el riego por goteo. En este sistema se puede manejar un régimen de bajo volumen, baja presión, alta frecuencia y riego parcial, la cintilla es una variante de éste, la cual consiste en una manguera flexible con salidas al exterior con espaciamientos de 5 a 60 cm. Antes de la salida presenta accidentes que hacen que el flujo sea hidráulicamente controlado, lo que permite realizar un diseño capaz de alcanzar buena uniformidad y eficiencia durante su funcionamiento (Dickinson, 1995).

El riego con cintilla tiene ventajas 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 pequeño, menor de 60 cm (Rojas, 2001).

El emisor es colocado por debajo de la superficie del suelo, por lo cual este sistema es denominado riego por goteo subsuperficial (RGS), el cual permite beneficios potenciales adicionales en comparación a la cintilla que es colocada sobre la superficie del suelo. Importantes avances técnicos 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, aspersión, micro aspersión, etc. Este sistema permite incrementar la producción y eficiencia en uso de agua mejor que cualquier otro método de riego actualmente en uso. Además 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, 1999).

El movimiento de agua en el suelo es por flujo de masas (estado líquido) y 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 más grande que la gravitacional y tiende a mover el agua igualmente en todas direcciones, incluso hacia arriba. A medida que el suelo se humedece, 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.

En este sistema el manejo básico consiste en regar el suelo en pulsos cortos (riego de alta frecuencia), lo que permite que el movimiento del agua sea 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 (Hennggeler, 1997; Phene, 1999).

El sistema RGS elimina la evaporación de agua en la superficie del suelo, reduce significativamente la humedad de la cubierta vegetal, enfermedades y malezas. Adicionalmente permite que el cultivo tenga un sistema radical más profundo al que tendría en condiciones de riego por goteo superficial y de este modo, operar 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 este sistema es más baja que el de las plantas regadas con otros sistemas de riego, lo cual presenta un incremento significativo en la fotosíntesis neta (Burt *et al.*, 1995; Phene, 1999).

## **Índices de crecimiento en el cultivo del maíz**

El comportamiento matemático del crecimiento de una planta puede ser descrito por su análisis de crecimiento (Félix 1986 y Martínez 1995).

El análisis de crecimiento de una planta o de cualquier organismo, se define como un proceso cuantitativo relacionado a un incremento irreversible de tamaño, unido a un incremento de peso seco y de protoplasma susceptible de medirse, expresándolo como aumento de longitud o diámetro del cuerpo vegetal (Zavala, 1982) citado por Woo, *et al.*, (2004).

El crecimiento de un cultivo ocurre de dos maneras (tamaño y número), por lo que puede medirse como el incremento de materia seca contenida en el vegetal y aunque estos dos procesos ocurren paralelos, el crecimiento es de tipo cuantitativo, mientras que el desarrollo es un proceso cualitativo, y se refiere a los cambios experimentados por la planta durante el crecimiento (Crofts *et al.*, 1971).

Otros autores como Myles, *et al.*, (1982) citados por Martínez (1995) señalan que el análisis de crecimiento se ha utilizado para estimar como reaccionan las plantas a diferentes tratamientos de cultivo (densidad de plantas, fertilización, etc.) y a condiciones de crecimiento (efecto de la temperatura, niveles de humedad y otros), así como para comparar el rendimiento de diferentes cultivos y especies en condiciones similares de crecimiento.

En el análisis de crecimiento solamente se requieren dos tipos de mediciones 1) el peso seco de la planta; que generalmente es el peso seco, pero puede ser la materia orgánica o el contenido de energía, y 2) el tamaño del sistema asimilatorio; de ordinario es el área foliar, pero puede ser el contenido de proteína o de clorofila de las hojas, con los cuales se pueden construir diversos índices de crecimiento (Beadle, 1988).

La tasa de asimilación neta (TAN) es una medida indirecta de la fotosíntesis y una disminución del porcentaje de luz ocasionaría una reducción de la TAN (Félix, 1986). Los valores de TAN en maíz se incrementaron al inicio del desarrollo del grano, debido a que el área foliar disminuye y el peso seco sigue aumentando. En 40,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , la TAN fue más alta en 16.9 % comparada con 80 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , debido a que en esta última condición existe un mayor sombreado. En tasa relativa de crecimiento (TRC) la tasa más alta se obtuvo a los 20 días después de la siembra ( $0.15 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) descendiendo más allá de  $0.05 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$  a los 80 días, siguiendo un descenso más lento sin llegar a cero a los 140-160 días (madurez fisiológica). Similar comportamiento mostró la relación de área foliar (RAF), la cual cayo gradualmente después de la floración, debido a que el área foliar se redujo y el peso seco aumentó.



# **PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE MAÍZ FORRAJERO CON RIEGO POR GOTEO SUBSUPERFICIAL**

## **Production and Quality of Corn Forage Under Subsurface Drip Irrigation**

**Vicente de Paúl Álvarez Reyna<sup>1</sup>, Pablo Yescas Coronado<sup>1‡</sup>**

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Periférico y carretera a Santa Fe, Colonia Centro, 27000 Torreón, Coah.

<sup>‡</sup> Autor responsable [pyescas@hotmail.com](mailto:pyescas@hotmail.com)

### **RESUMEN**

El agua es el factor más importante que limita la producción de los cultivos en las regiones áridas y semiáridas del mundo. Gran cantidad del forraje total que se produce en el mundo proviene de las regiones semiáridas, donde el agua es escasa y por lo general de baja calidad. Este estudio fue conducido durante el verano del 2003 en la estación experimental del ITA No. 10. Los objetivos de esta investigación fueron evaluar la influencia de diferentes niveles de riego (ET) y tres densidades de población, utilizando riego por goteo con cintilla colocada subsuperficialmente (RGS) sobre el rendimiento y calidad del maíz forrajero. Los tratamientos de riego consistieron en tres niveles de ET (60, 80 y 100 %) y tres densidades de plantas (80, 120 y 160 p ha<sup>-1</sup>) y el testigo regado superficialmente. Los tratamientos evaluados fueron distribuidos en un arreglo de parcelas divididas en un diseño de bloques al azar. Las variables evaluadas

fueron rendimiento de forraje verde y seco, altura de planta, materia seca, calidad del forraje y eficiencia en uso de agua; únicamente se detectaron diferencias estadísticas en eficiencia en uso de agua. Sin embargo, los rendimientos obtenidos en los tratamientos de RGS presentaron una tendencia a ser superiores al testigo que se regó en forma superficial.

**Palabras clave:** *evapotranspiración, RGS, eficiencia en uso de agua, densidad poblacional*

## SUMMARY

Water is the most important factor limiting crop production in the arid and semiarid regions of the world. A large portion of the total forage production in the world occurs in the semiarid regions where water is scarce and commonly of low quality. This study was conducted during the 2003 growing season at the experimental station of the Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10. The objectives of this research were to evaluate the influence of differential irrigation treatment applied via subsurface drip irrigation on the growth, yield and quality of corn forage under different plant densities. Irrigation was schedule applying different evapotranspiration (ET) percentage. The irrigation treatments consisted of 60, 80 and 100 % of ET, control and three plant densities (80, 120, 160 p ha<sup>-1</sup>) the experimental design was a split plot whit irrigation treatments as main plot in randomized complete blocks and plant density as subplots randomly arranged over each of the main plots. Measurement of fresh and dry forage yield, forage quality and water use efficiency, were made over four

replications. The evaluated variables were: fresh and dry forage yield, plant height, forage quality and water use efficiency, only was detected statistical differences in water use efficiency. However, yields of the subsurface drip irrigation (SDI) had higher volume than irrigation control.

**Index words:** *Evapotranspiration, SDI, water use efficiency, plant density*

## INTRODUCCIÓN

En el riego de las 22,500 hectáreas de maíz forrajero cultivadas en la Región Lagunera en el año de 1997, se utilizaron 256 millones de metros cúbicos del acuífero subterráneo (Godoy *et al.*, 1998). Durante el ciclo primavera verano del 2003 se sembraron en la región un total de 21,736 hectáreas de maíz forrajero, de las cuales 14,380 fueron de bombeo y 7,356 con riego por gravedad, de las cuales se obtuvo una producción de 954,882 toneladas con un valor de 200 millones 525 mil 220 pesos (SAGARPA, 2003). Los volúmenes de agua en exceso aplicados a estos cultivos forrajeros se debe a que en la Región, todavía se utilizan sistemas de riego ineficientes, como el riego por inundación por melgas, que tiene una eficiencia de aplicación de 55% en el 95% de los predios (Reta *et al.*, 2002).

Si se utilizara el riego por goteo subsuperficial (RGS) se necesitarían solamente 79 millones de metros cúbicos que representan una lámina de riego de 0.45 m (Godoy *et al.*, 1998). Lámina que satisface completamente los requerimientos de agua del cultivo, ya que bajo este sistema de riego, la

evaporación directa del suelo y percolación profunda, son eliminadas completamente, debido a que a través del sistema de RGS se dosifica adecuadamente el agua y nutrimentos de acuerdo a la demanda de la planta. Además la disponibilidad de éstos es excelente, lo que permite que la fotosíntesis neta sea alta, manifestándose en incremento en rendimiento y calidad del producto (Burt *et al.*, 1995; Phene, 1999). En el RGS la superficie del suelo se mantiene seca y la humedad del suelo de las capas inferiores es mantenida por debajo del estado de saturación (Camp, 1999; Hennggeler, 1997; Phene, 1999). El RGS es considerado como el método de riego más sofisticado y eficiente para cultivos agrícolas y una alternativa viable en comparación con otras formas de riego como: inundación, surcos, aspersión, microaspersión, etc. (Phene, 1999). Al combinar estos adelantos tecnológicos con el manejo de altas densidades de población es posible obtener altos rendimientos y mejorar la eficiencia en uso de agua del cultivo maíz forrajero. Se ha observado que el rendimiento de materia seca por hectárea aumenta a densidades mayores de 80 mil plantas por hectárea, sobre todo en híbridos que tienen hojas erectas. Sin embargo, debido a que la producción de grano por hectárea disminuye o se mantiene, la digestibilidad de la materia seca se reduce. En 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 a emplear en la alimentación de vacas lecheras altas productoras Núñez y Faz (2003). Los objetivos de este trabajo fueron determinar la mejor densidad poblacional, nivel de riego y eficiencia en uso de agua en el cultivo de maíz forrajero bajo RGS.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en el campo experimental del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10 de Torreón, Coah. Ubicado en la Región Lagunera, localizada geográficamente entre los meridianos 102º y los 104º 40´ de longitud oeste y los paralelos 24º 30´ y los 27º de latitud norte a una altura de 1120 metros sobre el nivel del mar.

La preparación del terreno, densidad, fecha de siembra, fertilización y actividades culturales desarrolladas en el cultivo, se realizaron de acuerdo a las recomendaciones del paquete tecnológico para este cultivo (INIFAP, 1999). En las actividades de preparación, se realizó un subsoleo en el terreno a una profundidad de 70 cm con la finalidad de romper la capa arable del suelo y no tener problemas al momento de instalar la cintilla de riego. Posteriormente se realizó un barbecho doble para dejar el suelo en condiciones óptimas de trabajo. Además se realizó un paso de rastra para romper los terrones dejados por el barbecho y finalmente se dió al terreno un paso de escrepa para nivelarlo.

La siembra se realizó en seco el día 28 de junio de 2003. El híbrido utilizado fue el AN-447. La siembra se hizo en hileras con una separación de 0.75 m, variando solo la distancia entre plantas que fue de 16.66, 11.11 y 8.33 cm para obtener una población de 80, 120 y 160 mil plantas por hectárea

respectivamente. La dosis de fertilización utilizada fue 160-60-00 de acuerdo con lo recomendado por el INIFAP (1999). Las fuentes de fertilizante fueron urea y MAP (granular y ultrasoluble) para nitrógeno (N) y fósforo (P) respectivamente. La aplicación al testigo de todo el P y la mitad del N se hizo en bandas durante la siembra y a los 35 días después de la siembra (dds), antes del primer riego de auxilio se aplicó el resto del N. En los tratamientos con RGS la fertilización se hizo a través del sistema. Posteriormente, el día 29 de junio se aplicó un riego superficial para el establecimiento del cultivo; los siguientes riegos se aplicaron a través de la cintilla de acuerdo a los tratamientos evaluados. En el testigo se aplicaron 3 riegos de auxilio superficialmente. Para la aplicación del riego se utilizó cintilla calibre 10 mil, con emisores a 20 cm y un caudal (Q) de  $3.0 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$  lineal, a una presión de operación de  $1.0 \text{ kg cm}^{-2}$ . La cintilla de goteo (RGS) se colocó a una profundidad de 40 cm, con una separación entre cintillas de 1.0 m. La lámina de agua aplicada en cada uno de los tratamientos fue en base a la evapotranspiración (ET), la cual se estimó usando la metodología del tanque evaporímetro (Doorenbos y Pruitt, 1974), aplicando la siguiente ecuación:

$$ET = E_o K_t$$

Donde:

ET = Evapotranspiración (cm)

$E_o$  = Evaporación registrada en cm en un tanque evaporímetro clase "A"

$K_t$  = Coeficiente del tanque evaporímetro el cual considera el clima o ambiente que rodea al tanque.

Los tratamientos estudiados (Cuadro 1) fueron la aplicación del riego a tres niveles de evapotranspiración (60, 80 y 100 %) y tres densidades de población distribuidas en un arreglo de parcelas divididas donde la parcela mayor fue niveles de evapotranspiración y la menor las densidades de población. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Las dimensiones de la parcela testigo fueron de 45 x 6 m. La unidad experimental constó de un total de 4 surcos y la parcela útil de 2 surcos centrales con una longitud de 4 m.

### **Variables en estudio**

Se evaluó altura de la planta, rendimiento de forraje verde y seco, materia seca, calidad del forraje y eficiencia en uso de agua.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el experimento.

Tratamiento	Nomenclatura	Descripción
1	ET <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	60 % de ET y 80,000 plantas ha <sup>-1</sup>
2	ET <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	60 % de ET y 120,000 plantas ha <sup>-1</sup>
3	ET <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	60 % de ET y 160,000 plantas ha <sup>-1</sup>
4	ET <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	80 % de ET y 80,000 plantas ha <sup>-1</sup>
5	ET <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	80 % de ET y 120,000 plantas ha <sup>-1</sup>
6	ET <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	80 % de ET y 160,000 plantas ha <sup>-1</sup>
7	ET <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	100 % de ET y 80,000 plantas ha <sup>-1</sup>
8	ET <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	100 % de ET y 120,000 plantas ha <sup>-1</sup>
9	ET <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	100 % de ET y 160,000 plantas ha <sup>-1</sup>
10	Testigo	Riego superficial y 80,000 plantas ha <sup>-1</sup>

La altura de planta se tomó en dos fechas, a 60 y 95 días después de la siembra (dds). El rendimiento de forraje verde en cada parcela experimental, se determinó cortando las plantas de los dos surcos centrales con una longitud de 4 m lineales (parcela útil). En estas plantas se determinó el peso fresco ( $\text{kg m}^{-2}$ ) para posteriormente determinar el rendimiento en  $\text{t ha}^{-1}$ . En base al rendimiento de forraje verde ( $\text{t ha}^{-1}$ ) y porcentaje de materia seca se determinó el rendimiento de forraje seco por hectárea de cada tratamiento.

La determinación de materia seca se evaluó secando las plantas cosechadas, las cuales se picaron manualmente y secaron a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  en una estufa de aire forzado por un periodo de 72 horas o hasta alcanzar un peso constante; posteriormente estas plantas fueron pesadas para obtener el peso seco y calcular el porcentaje de materia seca de la planta completa.

La eficiencia en uso de agua se calculó dividiendo la producción obtenida ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de forraje seco entre el volumen total de agua ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) aplicado por tratamiento. El volumen total de agua se determinó contabilizando las láminas de riego aplicadas a los tratamientos durante el ciclo del cultivo.

La calidad de forraje se determinó evaluando Proteína cruda (PC), Fibra ácido detergente (FAD), Fibra neutro detergente (FND) y Energía neta de lactancia (ENL). El análisis de calidad de forraje se realizó colectando muestras de cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones, de éstas se obtuvo una muestra compuesta con un peso aproximado de 0.5 kg por tratamiento para



un total de 10, las cuales se mandaron al laboratorio bromatológico para su análisis. El análisis de las muestras se efectuó en el Laboratorio Nuplen, S. A. de C. V. ubicado en calle Canatlan No. 305, Parque Industrial Lagunero en Gómez Palacio, Dgo., México. El método usado fue: Espectrofotómetro de Rayo Cercano a Infrarrojo, (NIRS). El análisis estadístico de los datos obtenidos se efectuó con el paquete de Diseños Experimentales, FAUANL, Versión 2.5 de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín, N. L. (Olivares, 1994).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Altura de planta.**

En altura de planta en las mediciones realizadas a los 60 a los 95 dds el análisis estadístico no detectó diferencia significativa entre tratamientos por lo que no existió ningún efecto de los niveles de riego y densidades de población evaluadas ni entre la interacción de ambos (Cuadro 2). Sin embargo, los resultados obtenidos superaron a los reportados por Vera y Vázquez (2001) donde la media obtenida fue de 2.60 m, superando ligeramente también a los obtenidos por Núñez y Faz (2003), donde el valor máximo obtenido para esta variable fue de 2.54 m y el mínimo de 1.72 m al evaluar siembras de verano en dos años.

Cuadro 2. Altura de planta (m) de maíz forrajero a los 95 dds, bajo diferentes densidades poblacionales y niveles de riego, con RGS. Ciclo verano 2003. Torreón, Coah., México.

Plantas ha <sup>-1</sup>	% de ET			
	60	80	100	Media
80,000	2.72	2.68	2.82	2.74
120,000	2.76	2.77	2.57	2.70
160,000	2.65	2.65	2.59	2.63
Testigo *				2.68
Media	2.71	2.70	2.66	

\* Densidad 80,000 plantas ha<sup>-1</sup>

### Rendimiento de forraje verde.

El análisis de varianza para rendimiento de forraje verde no detectó diferencias significativas para ninguno de los factores en estudio, ni para la interacción entre ellos para los niveles de ET y DP respectivamente (Cuadro 3). Los resultados obtenidos en rendimiento de forraje verde son levemente superados por los obtenidos por Vera y Vázquez (2001). Sin embargo, el tratamiento 7 con 80 mil plantas ha<sup>-1</sup> y con un nivel de 100 % de recuperación de la evapotranspiración obtuvo un aumento en el rendimiento de 14.306 t ha<sup>-1</sup> con respecto al testigo, aunque estadísticamente no hay diferencias.

Cuadro 3. Rendimiento de forraje verde de maíz ( $t\ ha^{-1}$ ) para diferentes densidades de población y niveles de riego con riego subsuperficial. Ciclo verano 2003. Torreón, Coah., México.

Plantas $ha^{-1}$	% de ET			
	60	80	100	Media
<b>80,000</b>	46.665	48.332	60.415	51.804
<b>120,000</b>	50.832	47.082	42.499	46.804
<b>160,000</b>	44.582	44.999	50.415	46.665
<b>Testigo*</b>				46.109
<b>Media</b>	47.360	46.804	51.109	

\* Densidad 80,000 plantas  $ha^{-1}$

#### Rendimiento de forraje seco.

El análisis de varianza para el rendimiento de forraje seco, no presentó diferencias significativas entre los niveles de ET, DP ni para su interacción. Sin embargo se observa una tendencia igual que para la variable rendimiento de forraje verde, en donde el tratamiento testigo ( $12.177\ t\ ha^{-1}$ ) es superado por el tratamiento en que se aplicó el 100 % de ET y 80,000 plantas  $ha^{-1}$  ( $18.782\ t\ ha^{-1}$ ), con una diferencia de  $6.605\ t\ ha^{-1}$  de forraje seco (Cuadro 4). Estos resultados son superados por los rendimientos obtenidos por Núñez, *et al.*, (2003) con rendimientos del orden de 17.7 a  $25.3\ t\ ha^{-1}$  de forraje seco.

Cuadro 4. Rendimiento de forraje seco (t ha<sup>-1</sup>) bajo diferentes densidades poblacionales y niveles de riego, con RGS. Ciclo verano 2003. Torreón, Coah., México.

Plantas ha <sup>-1</sup>	% de ET			
	60	80	100	Media
<b>80,000</b>	13.594	15.324	18.782	15.900
<b>120,000</b>	15.619	14.790	14.215	14.875
<b>160,000</b>	14.106	14.785	15.341	14.744
<b>Testigo*</b>				12.177
<b>Media</b>	14.439	14.966	16.113	

\* Densidad 80,000 plantas ha<sup>-1</sup>

A pesar de que no se detectaron diferencias estadísticas en rendimiento de forraje seco la tendencia muestra que el tratamiento donde se aplicó el 100 % del agua evapotranspirada fue el que rindió más que el resto de los tratamientos especialmente comparando al testigo con riego convencional al que superó en un 32 %.

### Porcentaje de materia seca

Los resultados obtenidos para porcentaje de materia seca no presentaron diferencias significativas entre tratamientos para los factores en estudio. Los valores de materia seca oscilaron desde 29.17 hasta 33.76 % (Cuadro 5). Estos valores fueron superiores al obtenido por el testigo (26.45 % de MS).

Cuadro 5. Materia seca (%) bajo diferentes densidades poblacionales y niveles de riego, con riego subsuperficial. Ciclo verano 2003. Torreón, Coah., México.

Plantas ha <sup>-1</sup>	% de ET			Media
	60	80	100	
<b>80,000</b>	29.171	31.621	31.181	30.658
<b>120,000</b>	30.981	31.470	33.758	32.070
<b>160,000</b>	31.527	32.945	30.379	31.617
<b>Testigo*</b>				26.453
<b>Media</b>	30.560	32.012	31.773	

\* Densidad 80,000 plantas ha<sup>-1</sup>

#### **Eficiencia en uso de agua.**

Los valores de eficiencia en uso de agua (EUA) se obtuvieron de la relación entre el rendimiento de forraje seco (kg ha<sup>-1</sup>) y volumen de agua aplicada (m<sup>3</sup>) a los tratamientos. El análisis de varianza realizado a los valores obtenidos de EUA (Cuadro 6), presentan diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Los valores de EUA de 2.80 hasta 4.06 kg m<sup>-3</sup>, superan ampliamente al testigo cuyo valor de EUA fue 1.62 kg m<sup>-3</sup>. Se observó la mayor EUA de 4.06 kg m<sup>-3</sup> en el tratamiento donde se aplicó 60 % de ET y 120,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 6. Eficiencia en uso de agua ( $\text{kg m}^{-3}$ ), forraje seco ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y el volumen de agua aplicado por tratamiento en  $\text{m}^3$  bajo diferente densidad de población y niveles de riego con riego subsuperficial. Ciclo verano 2003. Torreón, Coah., México.

Tratamiento	ET	DP plantas $\text{ha}^{-1}$	Rend. $\text{kg ha}^{-1}$	Vol. $\text{m}^3$	EUA $\text{kg m}^{-3}$
1	60 %	80,000	13,594	3849	3.53
2	60 %	120,000	15,619	3849	4.06
3	60 %	160,000	14,106	3849	3.66
4	80 %	80,000	15,324	4465	3.43
5	80 %	120,000	14,790	4465	3.31
6	80 %	160,000	14,785	4465	3.31
7	100%	80,000	18,782	5081	3.70
8	100%	120,000	14,215	5081	2.80
9	100%	160,000	15,341	5081	3.02
10	Testigo	80,000	12,177	7500	1.62

### Calidad del forraje

#### Proteína cruda (%).

El contenido de proteína cruda entre tratamientos fue similar, con valores de 7.95 a 9.34 %, con un valor promedio de 8.59 %. El mayor contenido se presentó en la densidad de 120,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  con la aplicación del 100 % de la evapotranspiración. En lo que respecta al contenido de proteína digestible tampoco existió respuesta a los tratamientos aplicados. Sin embargo, el de mayor contenido nuevamente lo presentó el tratamiento con la densidad de 120,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  y aplicación del 100 % de la evapotranspiración con un

valor de 7.06 % de proteína digestible sobresaliendo de los demás tratamientos (Cuadro 7).

### **Fibra ácido detergente y fibra neutro detergente.**

El contenido de FAD y FND en todos los tratamientos incluido el testigo, fue similar. Sin embargo los valores obtenidos son superiores a los reportados por Núñez, (1993), de 28.7 de fibra ácido detergente y 52.4 de fibra neutro detergente, y por Núñez, et al, (2003), de 60 % para fibra neutro detergente de acuerdo con los parámetros que determinan la calidad de un forraje (Cuadro 8). Los valores obtenidos para FAD y FND indican que es un forraje de calidad baja para el consumo del ganado, ya que Herrera (1999) considera que un maíz para ensilado de alto valor nutritivo debe tener baja concentración en fibra, alta digestibilidad y mayor contenido de energía.

Cuadro 7. Calidad de maíz forrajero bajo diferentes densidades de población y niveles de riego, con riego subsuperficial. Ciclo verano 2003.

Tratamiento	ET (%)	DP (p ha <sup>-1</sup> )	PC (%)	PD (%)	FAD (%)	FND (%)	ENL. (Mcal kg <sup>-1</sup> )
1	60	80,000	8.59	6.51	36.68	66.41	1.080
2	60	120,000	8.59	6.50	36.76	66.49	1.080
3	60	160,000	8.51	6.45	36.69	66.31	1.080
4	80	80,000	8.51	6.46	36.97	67.29	1.058
5	80	120,000	7.95	6.09	38.53	69.35	1.036
6	80	160,000	8.48	6.43	36.93	66.76	1.080
7	100	80,000	8.60	6.51	37.27	67.48	1.058
8	100	120,000	9.34	7.06	35.92	66.11	1.080
9	100	160,000	8.80	6.62	35.86	65.47	1.080
10	Testigo	80,000	8.31	6.35	36.70	66.81	1.080

Cuadro 8. Criterios para la clasificación de los maíces para forraje producidos bajo condiciones de la Comarca Lagunera (Herrera, 1999).

	Calidad		
	Baja	Mediana	Alta
FND (%)	> 60	de 52 a 60	<51
FAD (%)	> 35	de 30 a 35	<29
ENL (Mcalkg <sup>-1</sup> )	< 1.3	de 1.31 a 1.48	>1.50
DIVSMS (%)	< 60	de 61 a 67	> 68

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

### **Energía neta para lactancia.**

En ENL no se encontró diferencia entre tratamientos, teniendo concentraciones de energía similares con valores que van de 1.036 a 1.080 Mcal kg<sup>-1</sup>. Los valores de ENL que se obtuvieron para el híbrido de maíz AN-447 fueron bajos de acuerdo con los valores establecidos por Herrera (1999), por lo que el forraje obtenido en este experimento es considerado de baja calidad.

## **CONCLUSIONES**

El riego por goteo subsuperficial aplicando el 60, 80 y 100 % de la ET y las densidades de población de 80, 120 y 160 mil plantas ha<sup>-1</sup> no afectaron la altura de planta, rendimiento de forraje verde, rendimiento de forraje seco, % de materia seca ni la calidad del forraje, sin embargo aun cuando solo hubo diferencia estadística en la variable EUA, los tratamientos de riego



subsuperficial tendieron a superar ampliamente el rendimiento y la eficiencia en uso de agua del tratamiento testigo.

#### LITERATURA CITADA

1. Burt, C., K. O' Connor, and T. Ruehr. 1995. Fertigation. Irrigation and Training and Research Center California Polytechnic State University Publishers. 320 page.
2. Camp, R.C. 1999. Subsurface drip irrigation Journal. April: 1-4.
3. Doorenbos, J. L. y W.O. Pruitt. 1974. Las necesidades de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colegio de Riego y Drenaje, No. 24, F.A.O. Roma. 190 p.
4. Godoy A. C., C. A. Torres E., I. Reyes J., y V. M. Valdez R. 1998. Sistemas de irrigación y eficiencia en el uso del agua. Informe Técnico. CELALA – INIFAP. Matamoros, Coah.
5. Hennggeler, J. 1997. Foraging for efficiency: Subsurface drip for alfalfa. Agricultural Irrigation. February: 11 – 14.
6. Herrera, S. R. 1999. La Importancia de la Calidad en los Maíces 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.
7. INIFAP. 1999. Componentes tecnológicos para la producción de maíz y sorgo. Folleto técnico CIAN-SAGARPA. Matamoros, Coahuila.

8. 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.
9. Núñez, H. G., y R. Faz, C. 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.
10. Núñez, H. G., R. Faz, C., y F. Contreras, G. 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.
11. Olivares, S. E. 1994. Paquete Diseños Experimentales, FAUANL. Versión 2.5. de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L.
12. Phene, C. J. 1999. Subsurface drip irrigation. Irrigation Journal. April: 1-8.
13. Reta, S., D. G., J. S. Carrillo., A. Gaytán, M., E. Castro, M., y J. A. Cueto, W. 2002. Guía para cultivar maíz forrajero en surcos estrechos. Junio 2002. CELALA- INIFAP, Matamoros, Coah. 24 p.
14. SAGARPA. 2003. Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Región Lagunera. Cd. Lerdo, Dgo.
15. Vera, U. M. y J. I. Vázquez, L. 2001. Productividad y Valor nutritivo de 30 Genotipos de Maíz (Zea mays L) Para Forraje en la Región de Valles Altos. Chapingo, México.

**ÍNDICES DE CRECIMIENTO EN MAÍZ FORRAJERO BAJO RIEGO POR  
GOTEO SUBSUPERFICIAL**

**GROWTH INDEXES IN FORAGE CORN UNDER SUBSURFACE DRIP  
IRRIGATION**

**Pablo Yescas Coronado<sup>1\*</sup>, Vicente de Paúl Álvarez Reyna<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Programa de Investigación en Producción Agrícola del Posgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Periférico y Carretera a Santa Fe, C.P. 27000 Torreón, Coah., México. Correo electrónico; [pyescas@hotmail.com](mailto:pyescas@hotmail.com).

\* Autor responsable

## RESUMEN

Utilizando la técnica de análisis de crecimiento, se evaluaron dos híbridos de maíz comerciales NOVASEM (9620 y 9616) bajo condiciones de riego por goteo subsuperficial (RGS) para conocer su dinámica de crecimiento, eficiencia en producción y distribución de biomasa a partir de muestreos destructivos de planta realizados a los 46, 56, 67 y 80 días después de la siembra (dds). La siembra se realizó en surcos separados a 0.75 m, y una densidad de 80 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Se estudiaron niveles de evapotranspiración (ET) de 60, 80 y 100 % y dos híbridos, distribuidos en un arreglo de parcelas divididas en bloques completos al azar y cuatro repeticiones. En cada muestreo se colectaron dos plantas por parcela para determinar área foliar, peso seco total y peso seco de órganos vegetativos y fructíferos. Los datos de área foliar y peso seco se utilizaron para estimar tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN), índice de área foliar (IAF), relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) y relación de peso foliar (RPF). Se detectaron diferencias estadísticas entre niveles de ET para RAF, AFE y RPF, en el caso de los híbridos estudiados no se encontró diferencia estadística en los índices evaluados. Sin embargo, el Híbrido 9620 presentó la mayor tendencia a IAF, acumuló más biomasa total y más biomasa en los órganos vegetativos y reproductivos que el híbrido 9616. Durante el período muestreado, el híbrido 9620 también presentó la misma tendencia en TCC y TAN. Los híbridos presentaron valores de RPF similares lo cual indica que, independientemente

del híbrido, las plantas asignan el mismo porcentaje de fotoasimilados a su estructura foliar; en el caso de ET, se detectó diferencia significativa, siendo los tratamientos con el 100 % de ET los que presentaron los valores más altos de RPF.

**Palabras clave:** tasa de crecimiento del cultivo, tasa de asimilación neta, índice de área foliar, frondosidad, evapotranspiración.

## SUMMARY

Using growth analysis techniques, two hybrids of commercial corn NOVASEM 9620 and 9616 were evaluated under subsurface drip irrigation (SDI) to determine their growth dynamic, production efficiency, biomass distribution departing by destructive sampling of plants realized at 46, 56, 67 and 80 days after planting (DAS). The planting was realized with a distance between furrows of 0.75 m, and a density of 80 000 plants ha<sup>-1</sup>. The treatments evaluated were the application of the irrigation on three evapotranspiration levels (ET) (60, 80 and 100 %) and two distributed hybrids in a split plots arrange of randomized complete blocks design and four replications. Two plants per plot were collected in every sampling, to determine plant leaf area, total dry matter and dry weight of vegetative and fructiferous organs. The data of plant foliar area and dry weight were used to estimate crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), leaf area index (LAI), leaf area ratio (LAR), specific leaf area (SLA) and leaf weight ratio (LWR). The statistic analysis detected differences between levels (ET) for

LAR, SLA, LWR. There was no significant difference between hybrids for the evaluated indexes. However, the 9620 hybrid had the tendency to greater LAI, and accumulated more total biomass and more vegetative and reproductive organs biomass than hybrid 9616. During the sampled period, hybrid 9620 also had the tendency to higher values in CGR and NAR. The hybrids had similar LAR values, which indicate that independently from hybrid plants give the same percentage of photoassimilated to foliar structure; significant difference was detected for the ET. The treatments with more water (100 % ET) had the higher values of LWR.

**Index words:** crop growth rate, net assimilation rate, leaf area index, leafiness, evapotranspiration.

## INTRODUCCIÓN

Los índices de crecimiento de las plantas son una herramienta que permite conocer y evaluar el comportamiento de los cultivos cuando son sometidos a diferentes tratamientos (densidad de plantas, fertilización, etc.) y diferentes condiciones de crecimiento (efecto de la temperatura, nivel de humedad, entre otros) así como para comparar el rendimiento de diferentes cultivares y especies en condiciones de crecimiento, como lo indica Myles *et al.*, (982), citado por Martínez (1995). El maíz forrajero es un cultivo de gran importancia económica en la Región Lagunera por la utilidad que representa como una

parte importante de la alimentación del ganado lechero que ha dado a esta región la relevancia de ser considerada a nivel nacional la principal cuenca lechera del país. Actualmente el maíz, después de la alfalfa es el segundo cultivo forrajero y representa una alternativa que se debe tomar en cuenta considerando que consume menor cantidad de agua que la alfalfa. El uso del sistema de riego por goteo subsuperficial RGS permite utilizar volúmenes de agua menores que con otros sistemas de riego, teniendo una mayor disponibilidad de esta, con lo cual se obtiene mayor producción de fotosintatos, lo que se ve reflejado en un incremento en el rendimiento y la calidad del producto (Burt *et al.*, 1995; Phene, 1999). Con diferentes volúmenes de agua aplicados utilizando la evapotranspiración (ET) del cultivo es factible evaluar la respuesta de maíz forrajero midiendo su crecimiento durante su ciclo de cultivo, el cual se define como un proceso cuantitativo relacionado a un incremento irreversible de tamaño y que está generalmente unido, aunque no de una manera necesaria a un incremento de peso seco y de protoplasma susceptible a medirse expresado como aumento de longitud o diámetro del cuerpo vegetal (Rojas 1972; Bonner y Galston 1973 citados por Zavala, 1982). También Beadle (1988) menciona que para medir el análisis de crecimiento solamente se requieren dos tipos de mediciones: 1) peso seco de la planta y 2) el tamaño del sistema asimilatorio (área foliar).

El rendimiento del cultivo del maíz forrajero puede ser influenciado por el desarrollo y distribución de materia seca a cada uno de los órganos de la planta, así como por su eficiencia fotosintética, por lo que indicadores del

crecimiento, como tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN) y del tamaño del aparato fotosintético, como relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), son de gran utilidad para conocer dicho crecimiento y la eficiencia fotosintética de la planta. El objetivo de la presente investigación fue determinar la eficiencia en producción, distribución de biomasa y la dinámica de crecimiento de dos híbridos de maíz forrajero bajo condiciones de riego por goteo subsuperficial (RGS).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en el campo experimental del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10 de Torreón, Coah., localizado en la Región Lagunera, la cual se encuentra ubicada geográficamente entre los meridianos 102° y los 104° 40' de longitud oeste y los paralelos 24° 30' y los 27° de latitud norte a una altura de 1120 metros sobre el nivel del mar. El suelo del área experimental es de textura migajón arcilloso, medianamente alcalino (pH de 7.86), con un 1.12 % de contenido de materia orgánica.

La preparación del terreno, densidad, fecha de siembra, fertilización y actividades culturales desarrolladas en el cultivo, se realizaron de acuerdo a las recomendaciones del paquete tecnológico para el cultivo (INIFAP, 1999).

La siembra se realizó el día 18 de junio de 2004. Los híbridos comerciales utilizados fueron NOVASEM 9616 y 9620. La siembra se hizo en hileras con



una separación de 0.75 m, a una densidad de población de 80 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Se fertilizó con la fórmula 160-60-00, aplicándose el fertilizante a través del sistema de riego. La siembra se realizó en seco, por lo cual se aplicó un riego superficial para el establecimiento del cultivo, los siguientes riegos se aplicaron a través de la cintilla de acuerdo a los tratamientos evaluados. En la aplicación del riego se utilizó cintilla calibre 15 mil, con emisores a 20 cm y un caudal (Q) de 3.0 L h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> lineal, a una presión de operación de 1.0 kg cm<sup>-2</sup>. La cintilla de goteo (RGS) se colocó a una profundidad de 40 cm, con una separación entre cintillas de 1.0 m. La lámina de agua aplicada se calculó a partir de la evaporación diaria medida en un tanque evaporímetro tipo "A" ajustada por el factor de tanque (0.8) (Doorenbos y Pruitt, 1974).

Los tratamientos estudiados fueron la aplicación del riego a tres niveles de evapotranspiración (60, 80 y 100 %) y dos híbridos distribuidos en un arreglo de parcelas divididas en bloques completos al azar y cuatro repeticiones. En la parcela grande se localizaron los niveles de evapotranspiración y, en la chica, los híbridos. Las dimensiones de la parcela mayor fueron de 10 x 6 m y la menor, de 5 x 6 m. La unidad experimental constó de un total de 8 surcos y la parcela útil de 4 surcos centrales con una longitud de 2 m.

En la determinación de la dinámica de producción de materia seca se realizaron cuatro muestreos destructivos, a los 46, 56, 67 y 80 dds. En cada muestreo se tomaron dos plantas con competencia completa por parcela. En cada planta se separaron los órganos vegetativos (hojas y tallos) y los

reproductivos. El secado de estos órganos, se realizó colocándolos en bolsas de papel por separado y sometidos a secado en estufa de aire forzado a una temperatura de 65 °C durante 72 horas, hasta obtener peso constante, después de lo cual se obtuvo su peso seco; la suma de estos representó el peso seco total por planta (rendimiento biológico).

Los valores obtenidos de materia seca total, área foliar y del intervalo de tiempo entre muestreos, se utilizaron para calcular los índices de crecimiento, de acuerdo con Radford (1967) y Hunt (1978) que son descritos a continuación:

1. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC), mide el incremento de biomasa por unidad de tiempo.

$$TCC = P_2 - P_1 / A (t_2 - t_1), \quad (\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1})$$

Donde:

A = Área donde el peso seco fue registrado

P<sub>1</sub> = Peso seco de muestra 1

P<sub>2</sub> = Peso seco de muestra 2

t<sub>1</sub> = Fecha de muestreo 1, expresado en días después de la siembra.

t<sub>2</sub> = Fecha de muestreo 2, en días después de la siembra.

2. Tasa de asimilación neta (TAN), estimador de la eficiencia fotosintética de la planta.

$$TAN = [(PS_2 - PS_1) / (AF_2 - AF_1)] \times [(Ln_e AF_2 - Ln_e AF_1) / (t_2 - t_1)], \text{ (gm}^2 \text{ día}^{-1}\text{)}$$

Donde:

$Ln_e$  = Logaritmo natural

PS = Peso seco de las muestras en  $t_1$  y  $t_2$ .

AF = Área foliar en el periodo  $t_1$  y  $t_2$ .

3. Relación de Área Foliar (RAF), indicador del tamaño del aparato fotosintético de la planta, y se obtiene de dividir el área foliar de la planta entre el peso seco total de la misma.

$$RAF = AF/PS, \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)}$$

Donde:

AF = Área foliar

PS = Peso Seco Total

4. Área Foliar Específica (AFE), mide el grosor de la hoja y representa la superficie foliar por gramo de peso seco de la hoja.

$$AFE = AF/PSAF, (\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}).$$

Donde:

PSAF = Peso seco del área foliar

5. Relación de Peso Foliar (RPF), determina la distribución de asimilados hacia las hojas, y es un indicador de la frondosidad de la planta.

$$RPF = PSAF/ PS, (\text{g g}^{-1})$$

6. Índice de Área Foliar (IAF), es el área foliar presente por unidad de superficie de suelo.

$$IAF = AFT/S, (\text{m}^2 \text{ m}^{-2})$$

Donde:

AFT = Área foliar total

S = Área de suelo ocupada

Con los datos de peso seco obtenidos en la superficie de muestreo, se calcularon los datos por planta y metro cuadrado. A todas las variables se realizaron análisis de varianza por muestreo y comparación de medias con la prueba de Tukey al 0.05 de significancia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción y distribución de biomasa

En producción de biomasa por metro cuadrado no se encontró diferencia estadísticamente significativa para peso seco total, peso seco de parte vegetativa y peso seco de la parte reproductiva en los muestreos realizados a los 46, 56, 67 y 80 dds, para los dos híbridos. Como es natural, en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, la acumulación de materia seca en los órganos vegetativos fue mayor que en los reproductivos, lo cual fue disminuyendo gradualmente a medida que aumentó el tamaño de los órganos reproductivos. En el caso de los niveles de ET estudiados, el análisis de varianza realizado no mostró diferencia estadística para los dos primeros muestreos realizados (46 y 56 dds), no así en los muestreos realizados a los 67 y 80 dds en los cuales existió diferencia significativa entre tratamientos, siendo el tratamiento con un nivel de reposición de ET del 100 % el que presenta los mayores valores de peso seco de las partes vegetativas y peso seco total de plantas, esto va de acuerdo a los resultados de Silvertooth y Norton (1996) que mencionan que el agua y nitrógeno son fuertes estimulantes de crecimiento pero también son comúnmente los factores más limitantes con respecto a eficiencia y óptima producción. Para el peso seco de la parte reproductiva únicamente se tuvieron diferencias estadísticas significativas en el muestreo realizado a los 80 dds, siendo el híbrido 9620 el que mayor peso seco presentó superando al híbrido 9616 en un 16.80 % (Cuadro 1). Aunque las diferencias entre los híbridos no

fueron significativas, a los 46 dds el híbrido 9620 acumuló un mayor porcentaje de su peso seco total de plantas (15.33 %) que el híbrido 9616. A los 56 y 67 dds el comportamiento de ambos híbridos fue similar, sin embargo a los 80 dds el híbrido 9620 tuvo un aumento de peso seco total en planta de 33.17 % con respecto al híbrido 9616.

En ésta primera medición el peso seco acumulado en órganos vegetativos de los híbridos en estudio tuvo un comportamiento similar. Lo anterior también se manifestó en el muestreo realizado a los 56 dds ya que los híbridos habían concentrado valores de 8.71 a 9.58 % de fotoasimilados en los órganos reproductivos. Al alcanzar los híbridos su máximo IAF (67 dds) la cantidad de materia seca acumulada en los órganos vegetativos era muy superior a la acumulada en los órganos reproductivos, aunque en el caso del maíz para forraje la cantidad de materia seca de órganos vegetativos es mayor que la de los órganos reproductivos, a diferencia de otros cultivos como el algodón en el que al inicio el peso seco de partes vegetativas es mayor que las reproductivas, situación que se revierte al final del ciclo de cultivo (Cuadro 1). Lo anterior es explicable dado que después de que las plantas alcanzan su máximo IAF inician la fase de envejecimiento donde ya no acumulan carbohidratos pero si los traslocan hacia las partes reproductivas.

En el último muestreo realizado a los 80 dds el porcentaje de asimilados acumulados en los órganos reproductivos de los híbridos 9616 y 9620 fue de 29 a 33.17 % respectivamente, prácticamente el mismo; sin embargo al comparar

el peso seco acumulado total entre los híbridos, el Novasem 9620 acumulaba una mayor cantidad de materia seca en los órganos reproductivos y una mayor cantidad de biomasa total que el híbrido 9616 (Cuadro 1).

### **Índices de crecimiento**

Los análisis de varianza para índices de crecimiento no detectaron diferencia estadística significativa entre muestreos, híbridos ni entre niveles de ET. Sin embargo, desde el primero hasta el último muestreo el híbrido 9620 presentó valores de TCC y TAN superiores a los mostrados por el híbrido 9616, lo que indica que la velocidad de sus procesos metabólicos son superiores (Cuadro 2). Entre los 56 y 67 dds los híbridos manifestaron su máxima actividad metabólica, destacando el híbrido Novasem 9620 por su mayor velocidad en la acumulación de biomasa total (Cuadro 1).

Los dos genotipos alcanzaron su máximo IAF a los 67 dds, Novasem 9620 presentó el mayor IAF y, por tanto, cuenta con una mayor estructura foliar para la captación de radiación solar y para la producción de carbohidratos.

En los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético (RAF, AFE y RPF) no se detectaron diferencias estadísticas entre los híbridos por lo que mantienen la misma relación entre la magnitud de su área foliar, peso seco total, y su propio peso seco (Cuadro 3). Sin embargo, si se detectaron

diferencias estadísticas en los niveles de ET. A los 80 dds el análisis de varianza realizado detectó diferencias significativas para RAF, AFE y RPF, siendo el nivel de 100 % de ET el que presenta los mayores valores de estos índices. En esta última medición, el híbrido 9616 presentó un valor de RAF mayor que el del híbrido 9620, lo cual indica que mantiene por más tiempo su área foliar (Cuadro 3), aún cuando tienen ciclos vegetativos similares. Lo anterior no necesariamente implica una mayor producción de biomasa ya que esto dependerá de su eficiencia para transformarla a carbohidratos, tal y como lo expresó Hearn (1969), para el cultivo de algodón. Estos resultados difieren con los reportados por Woo, et al., (2004) quienes encontraron que a menor cantidad de peso seco mayor cantidad de área foliar.

En los dos híbridos los valores más altos de RAF y RPF se obtuvieron en las primeras fases de crecimiento de las plantas y gradualmente declinaron conforme avanzó la edad del cultivo, lo cual es normal ya que en las primeras fases de crecimiento las plantas invierten la mayor parte de los fotoasimilados en sus estructuras vegetativas y en el desarrollo de su aparato fotosintético, posteriormente conforme avanza el ciclo del cultivo el aparato reproductivo comienza a aumentar, con el crecimiento en tamaño de órganos reproductivos. Los valores de RPF de los dos híbridos fueron similares a través del desarrollo del cultivo lo que demuestra que la planta, independientemente del híbrido, regula y distribuye equitativamente en sus órganos, los fotoasimilados que produce. El análisis de varianza de los índices AFE y RPF presenta diferencias



estadísticas significativas para el muestreo realizado a los 46 dds y 46, 56 y 80 dds respectivamente, lo que manifiesta que existe una respuesta a la cantidad de agua aplicada al cultivo de maíz forrajero, siendo los tratamientos con la aplicación del 100 % de la ET los que mejor respuesta presentan según el índice RPF, que determina la distribución de asimilados hacia las hojas, y es un indicador de la frondosidad de la planta de acuerdo con Radford (1967) y Hunt (1978) .

## **CONCLUSIONES**

El híbrido 9620 fue superior en su eficiencia fotosintética que el híbrido 9616, en función a su mayor acumulación de biomasa y su distribución hacia órganos vegetativos y reproductivos lo que está relacionado con la magnitud de su aparato fotosintético (IAF).

El híbrido 9620 presentó la mayor actividad metabólica según lo muestran sus valores de TCC y TAN.

Los dos híbridos alcanzaron su máximo IAF a los 67 dds y después declino rápidamente debido al envejecimiento de las hojas. El híbrido Novasem 9620 fue el que presentó un mayor IAF, lo que se relaciona con su mayor acumulación de biomasa.

Para el índice de RPF, independientemente del híbrido, las plantas asignan la misma cantidad de fotoasimilados a su estructura foliar, presentando una mejor respuesta a la aplicación de mayores cantidades de agua.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Beadle, C. L. 1988. Análisis del crecimiento vegetal. En: Técnicas de fotosíntesis y bioproductividad. J. Combs, D.O. Hall, S. P. Long y J.M. Scurlock (eds.) Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Burt, C. C., K. O' Connor, and T. Ruehr. 1995. Fertigation. Irrigation and Training and Research Center California Polytechnic State University Publisher. 320 pages.

Doorenbos, J. L. y W.O. Pruitt. 1974. Las necesidades de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colegio de Riego y Drenaje, No. 24, F.A.O. Roma. 190 p.

Hearn, A. B. 1969. The growth and performance of cotton in a desert environment. II. Dry matter production. J. Agric. Sci. Camb. 73:75-86

Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. The Institute of Biology's. Studies in Biology No. 96. Published by Edward Arnold. 67 p.

INIFAP. 1999. Componentes tecnológicos para la producción de maíz y sorgo. Folleto técnico CIAN-SAGARPA. Matamoros, Coahuila.

Martínez, M. J. 1995. Estimación de eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Tesis de maestría. Facultad de agronomía, UANL. Marín, N. L. México.

Phene, C. J. 1999. Subsurface drip irrigation. Irrigation Journal. April: 1-8.

Radford, P. J. 1967. Growth analysis formulae, their use and abuse. Crop Science 7:171-173.

Silvertooth, J.C. and E. R. Norton 1996. Implementation of N management strategies for irrigated cotton. Beltwide cotton conf. vol 2: 1386.

Woo, R. J. L., R. Vázquez A., E. Olivares S., F. Zavala G., R. González G., R. Valdez C. y C. Gallegos V. 2004. Análisis de crecimiento en maíz (*Zea mays L.*) aplicando lodos activados y urea. Sistemas de producción agropecuaria. Agrofaz 4 volumen 1:437-441.

Zavala, G. F. 1982. Interrelación entre los caracteres fisicotécnicos del híbrido y sus progenitores sobre el rendimiento de grano y estimación de parámetros genéticos en sorgo para grano (Sorghum bicolor L. Moench)  
Tesis de maestría. Colegio de postgraduados, Chapingo, México.

Cuadro 1. Promedios en g m<sup>-2</sup> para peso seco total (PST), de órganos vegetativos (OV) y reproductivos (OR), y el porcentaje del peso vegetativo (% PV), y reproductivo (% PR), en dos híbridos de maíz. Ciclo 2004. Torreón, Coahuila, México.

Híbrido	Muestreo (dds)	Órganos vegetativos			OR	PST	% PV	% PR
		Hojas	Tallos	Total OV				
Novasem 9616	46	117.73	129.57	247.3	20.5	267.8	92.35	7.65
	56	269.33	398.80	668.13	63.75	731.88	91.28	8.71
	67	362.96	831.50	1194.46	390.89	1585.35	75.34	24.66
	80	357.13	798.50	1155.63	471.87	1627.5	71.00	29.00
Novasem 9620	46	133.10	155.40	288.5	27.81	316.31	91.21	8.79
	56	279.20	383.47	662.67	70.23	732.9	90.42	9.58
	67	366.03	818.47	1184.5	398.42	1582.92	74.84	25.16
	80	362.60	780.23	1142.83	567.17	1710	66.83	33.17

dds = Días después de la siembra.

Cuadro 2. Índices de crecimiento de dos híbridos de maíz. Ciclo 2004. Torreón, Coahuila. México.

Índices	Periodo (dds)	Híbridos	
		Novasem 9616	Novasem 9620
TCC (g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	46 – 56	42.08	37.42
	56 – 67	44.32	43.96
	67 – 80	41.21	46.31
	46 – 80	42.47	42.93
TAN (g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	46 – 56	87.55	75.41
	56 – 67	54.86	53.06
	67 – 80	48.59	55.22
	46 – 80	85.04	86.86
IAF	46	2.32	2.50
	56	5.98	6.07
	67	7.26	7.37
	80	6.41	6.06

dds = Días después de la siembra

Cuadro 3. Relación de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), y relación de peso foliar (RPF) de dos híbridos de maíz. Ciclo 2004. Torreón, Coahuila. México.

Índices	Periodo	Híbridos	
	(dds)	Novasem 9616	Novasem 9620
RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	46	95.21	93.68
	56	92.75	90.54
	67	64.43	63.37
	80	38.76	34.83
AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	46	27.83	27.33
	56	25.05	23.87
	67	25.46	25.18
	80	22.26	20.94
RPF (g g <sup>-1</sup> )	46	0.47	0.46
	56	0.41	0.42
	67	0.31	0.32
	80	0.22	0.21

dds = Días después de la siembra.

## LITERATURA CITADA

- Beadle, C. L. 1988. Análisis del crecimiento vegetal. En: Técnicas de fotosíntesis y bioproductividad. J. Combs, D.O. Hall, S. P. Long y J.M. Scurlock (eds.) Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- 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: 251-261.
- Broster, W. H. 1983. Estrategia de Alimentación para Vacas Lecheras de Alta Producción. AGT Editor, S.A. de C. V. México: 237-240.
- Burt, C. C., K. O' Connor, and T. Ruehr. 1995. Fertigation. Irrigation and Training and Research Center California Polytechnic State University Publisher:320.
- Castellanos, R. A., Llamas L. I. G y Shimada A. S. 1990. Manual de Técnicas de Investigación en Ruminología. Sistema de Educación en Producción Animal en México A. C. 267.
- 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.



Crofts, C. F., D. L. Kachson, P. M. Martin, and J. C. Patrik. 1971. Los vegetales y sus cosechas. Fundamentos de agricultura moderna 2. Trad. R. Morán. Ed. AEDOS. Barcelona, España. 245.

Dickinson, B. 1995. Irrigation and Nutrient Management: A Conference and Trade Fair. February 2. Salinas, CA.

Doorenbos, J. L. y W.O. Pruitt. 1974. Las necesidades de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colegio de Riego y Drenaje, No. 24, FAO. Roma. 190.

FAO. 1999. El Maíz en la Nutrición Humana. Editorial FAO. Oficina Regional de la FAO para América Latina.

Félix, V. P. 1986. Patrón y análisis del crecimiento de tres variedades de maíz (*Zea mays* L.) Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.

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.

Hennggeler, J. 1997. Foraging for efficiency: Subsurface drip for alfalfa. Agricultural Irrigation. February: 11 – 14.

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.

Herrera, P. T., J. A. Samaniego y L. R. Galván. 1997. Primer curso de actualización fitosanitaria en el cultivo de nogal. Patronato para la investigación y Producción de nuez A. C. Torreón, Coah. pp. 1-25.

Herrera, S. R. 1999. La Importancia de la Calidad en los Maíces 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.

Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. The Institute of Biology's. Studies in Biology No. 96. Published by Edward Arnold. 67 pages.

Llanos, M. C. 1984. El Maíz; Su Cultivo y Aprovechamiento. Ediciones Mundi prensa. Madrid, España. pp. 65-73.

Marten, C. G. 1985. Proceedings of the XV International Grassland Congress. Kyoto, Japan. 89-97.

Martínez, M. J. 1995. Estimación de eficiencia en el uso del agua mediante mediciones de intercambio de gases y análisis de crecimiento en tres especies cultivadas. Tesis de maestría. Facultad de agronomía, UANL. Marín, N. L. México.

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.

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.

Núñez, H. G., Faz, C. R. 2003. Manejo de la Fecha de Siembra y Densidad de Plantas en Maíz Forrajero. Estrategia de Apoyo a la Investigación y a la Transferencia de Tecnología en Forrajes en la Región Lagunera. INIFAP. México.

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

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

Núñez, H. G., Santamaría C. J., Faz C. R., Contreras G. F., Castro M. E. y Chev 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.

Phene, C. J. 1999. Subsurface drip irrigation. Irrigation Journal. April: 1-8.

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 trhmaize and Sorghum Section of EUCARPIA 1986. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, the Netherland. pp. 123-130.

Radford, P. J. 1967. Growth analysis formulae, their use and abuse. Crop Science 7:171-173.

Reta, S. D. G., J. S. Carrillo., A. Gaytán, M., E. Castro, M., y J. A. Cueto, W.  
2002. Guía para Cultivar Maíz Forrajero en Surcos Estrechos. Junio  
2002. CELALA- INIFAP, Matamoros, Coah. 24 pp.

Reyes, C., P. 1990. El Maíz y su Cultivo. A.G.T. Editor, S.A. de C.V. México.

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

Rojas, P. L., Briones, S. G. 2001. Diseño y Operación de Sistemas de Riego.  
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

SAGARPA, 2003. Delegación Laguna. Hectáreas de Maíz Forrajero. Ciclo  
primavera-verano 2003.

SIAP. 2002. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria. SAGARPA.  
Región Lagunera. Lerdo, Dgo., México.

Striuk, P.C., Deinum, B. 1990. The Ideotype for Forage Maize. Proc. XVth  
Eucarpia Maize and Sorghum Section Congress; June 4-8. Badem Near  
Vienna, Austria. pp. 223-234.

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.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminants. Second Edition. Cornell University Press, Ithaca, N.Y., pp. 476.

Woo, R. J. L., R. Vázquez A., E. Olivares S., F. Zavala G., R. González G., R. Valdez C. y C. Gallegos V. 2004. Análisis de crecimiento en maíz (Zea mays L.) aplicando lodos activados y urea. Sistemas de producción agropecuaria. Agrofaz 4 volumen 1:437-441.

Zavala, G. F. 1982. Interrelación entre los caracteres fisicotécnicos del híbrido y sus progenitores sobre el rendimiento de grano y estimación de parámetros genéticos en sorgo para grano (Sorghum bicolor L. Moench) Tesis de maestría. Colegio de postgraduados, Chapingo, México.

## APÉNDICE

**Anexo 1.** Carta de recepción de la Revista Terra: Artículo I.

# TERRA

*Latinoamericana*

*Difusión científica de la Sociedad Mexicana  
de la Ciencia del Suelo, A.C.*

24 de Octubre de 2005

**M.C. PABLO YESCAS CORONADO**

Posgrado en Ciencias Agrarias,  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Periférico y carretera a Santa Fe,  
Colonia Centro,  
27000 Torreón, Coah.

Acuso recibo de su trabajo titulado:

" PRODUCCION Y CALIDAD DE MAIZ FORRAJERO CON RIEGO POR GOTEO SUBSUPERFICIAL "

el cual se ha registrado con el número 1476 y será sometido a consideración del Comité Editorial de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C., para su posible publicación en la Revista *TERRA Latinoamericana*.

Por favor, haga referencia a este número en la correspondencia subsecuente.

Para poder ver el estado de su artículo, deberá entrar en el sistema de la Revista Terra *Latinoamericana* (<http://www.chapingo.mx/terra/admin/>) con su login y su password ya proporcionados.

A T E N T A M E N T E

EL EDITOR

Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Carr. México-Texcoco km. 38.5 Apartado Postal 45, C.P. 56230, Chapingo, Estado de México

Tel. y Fax +52 (595) 952 17 21 correo electrónico: [terra@correo.chapingo.mx](mailto:terra@correo.chapingo.mx)



## Anexo 2. Carta de recepción de la Revista FITOTECNIA MEXICANA: artículo II



### REVISTA FITOTECNIA MEXICANA

#### CARTA DE RECEPCIÓN

6 OCTUBRE 2005

DR. PABLO YESCAS CORONADO  
CALZADA CENTRAL NÚM. 299  
EJ. COYOTE, COAHUILA  
C.P. 27450

Con la presente se hace constar que se ha recibido el manuscrito propuesto para su publicación en la "REVISTA FITOTECNIA MEXICANA" intitulado:

#### ÍNDICES DE CRECIMIENTO EN MAÍZ FORRAJERO BAJO RIEGO POR GOTEO SUBSUPERFICIAL

**AUTORES:** Pablo Yescas Coronado, Vicente de Paúl Álvarez Reyna, Guillermo García Legaspi y Arturo Palomo Gil

Para su evaluación, el manuscrito con clave: **RFM/05072**, será enviado a dos revisores técnicos y a un editor, cuyo dictamen se hará de su conocimiento tan pronto como esté disponible.

Para que este Comité pueda iniciar dicho proceso es requisito indispensable que nos regrese la forma anexa, debidamente contestada.

Para facilitar la comunicación del caso, le agradeceré que en toda correspondencia relacionada con este manuscrito anote la clave asignada. En adición, es necesario que oportunamente nos avise de cualquier cambio de domicilio, que envíe la correspondencia por correo registrado o por servicio de paquetería especializada, y que nos proporcione su número telefónico, de preferencia con fax, y su correo electrónico.

Sin otro particular por el momento, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**

**VÍCTOR A. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ**

Director

Anexo  
VA(1F-g)mb:

Apartado Postal No. 21-56 230 Chapingo, Estado de México Tel.: 01 (595) 95-21500 Ext. 5795 Fax.: 01 (595) 95-46652, 95-21729  
http://www.fitotecnia.mx correo electrónico: revfitotecnia.mex@somefi.org

*revfitotecnia.mex@somefi.org*