

**“HIBRIDOS DE MAIZ GRANO Y FORRAJE EN ALTA DENSIDAD Y  
APLICACIÓN DE ACIDO HUMICO Y ALGAENZIMAS”**

**M. C. VICTORIA JARED BORROEL GARCÍA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL**

**GRADO DE**

**DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

**Torreón, Coahuila, México. Diciembre de 2014**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

“HIBRIDOS DE MAIZ GRANO Y FORRAJE EN ALTA DENSIDAD Y  
APLICACIÓN DE ACIDO HUMICO Y ALGAENZIMAS”

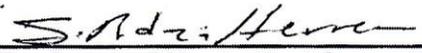
TESIS

POR

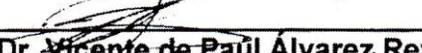
M.C. VICTORIA JARED BORROEL GARCÍA

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada  
como requisito parcial para optar al grado de:  
**DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS**

Asesor principal:

  
Dr. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera

Asesor:

  
Dr. Vicente de Paúl Álvarez Reyna

Asesor:

  
Dr. Florencio Jiménez Díaz

Asesor:

  
Dr. Pablo Preciado Rangel

Asesor:

  
Dr. Alfredo Ogaz

  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Subdirector de Posgrado

  
Dr. Raúl Villegas Vizcaíno  
Jefe del Departamento de Posgrado

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO



DEPARTAMENTO DE POSGRADO

Torreón, Coahuila, México. Diciembre de 2014

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecimiento a los directivos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna por el apoyo para realizar mis estudios de Posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico brindado para realizar mi trabajo de investigación durante mis estudios de Posgrado.

Un sincero y especial agradecimiento a H. Comité particular de tesis Dr. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera, Dr. Vicente de Paul Álvarez Reyna, Dr. Florencio Jiménez Díaz, Dr. Pablo Preciado Rangel y Dr. Alfredo Ogaz, por sus valiosas aportaciones para enriquecer este trabajo de investigación, gracias por el tiempo dedicado a este esfuerzo.

## DEDICATORIA

Con todo mi respeto y admiración quiero dedicar este trabajo a mis padres José Luis Borroel Luna y Celia García de Borroel y hermanos María del Carmen Borroel García y José Luis Borroel García, por su valioso apoyo y sobre todo por la paciencia que han demostrado siempre cuando en algún momento de mi vida he estado a punto de perder el piso.

Gracias por ser mi maravillosa familia. Los adoro!!!

Con todo mi amor a mi hermoso regalo de vida Sebastián, eres mi motor y la inspiración para todo lo que hago. Te amo!!!.

A mis hermosos sobrinos Luis Ángel y Valeria Alejandra. Los amo!!!

A mis viejotas Cynthia, Mónica, Gaby, Brenda, Karina, Roxana, Reyna, gracias por su compañía, apoyo y amistad sincera e incondicional. Las quiero!!!

A Bogart Huerta Salas, mil gracias por tu apoyo, tu amistad incondicional e incomparable, tu cariño y tu eterna paciencia.

**COMPENDIO  
HIBRIDOS DE MAIZ GRANO Y FORRAJE EN ALTA  
DENSIDAD y APLICACIÓN DE ACIDO HUMICO Y  
ALGAENZIMAS**

**Por**

**Victoria Jared Borroel García**

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIDAD  
LAGUNA**

**Torreón, Coahuila. Diciembre del 2014**

**Palabras clave: Rendimiento, alta densidad, acido húmico,  
algaenzimas, híbridos.**

El Maíz se cultiva en aproximadamente 140 millones de hectáreas en todo el mundo. Constituye el alimento básico de varios cientos de millones de personas en el mundo (Guerrero, 2012).

En la región Lagunera el cultivo del Maíz para producción de forraje es de gran importancia por su calidad y en las explotaciones ganaderas el ensilaje del maíz es un componente básico en la ración para ganado bovino lechero, principalmente por su contenido energético y menor costo que otros cultivos forrajeros (Carrillo *et al*, 2002).

Se efectuaron dos estudios en cinco híbridos de maíz comerciales. El objetivo fue evaluar el efecto de la adición de ácido húmico y algaenzimas sobre el rendimiento de forraje y alta densidad de población para la producción de maíz para grano en la Región de la Comarca Lagunera de estos cinco híbridos.

Estudio 1. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de ácido húmico y algaenzimas en el rendimiento de forraje en híbridos de maíz, el experimento se estableció en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, durante el ciclo agrícola primavera-verano del año 2011. El establecimiento del trabajo consistió en cinco híbridos de maíz forrajero, dos niveles de ácido húmico en dosis cero y tres L ha<sup>-1</sup> y algaenzimas en dosis de cero y un L ha<sup>-1</sup>. El diseño experimental utilizado fue un bloques al azar con tres repeticiones, se evaluaron 20 tratamientos en un arreglo combinatorio que fueron seleccionados de un factorial completo 5 x 2 x 2, correspondiendo a los híbridos, algaenzimas y ácido húmico respectivamente

Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, rendimiento de forraje verde y materia seca. Los resultados obtenidos del rendimiento de forraje verde y materia seca indican que en la interacción híbridos con algaenzimas los híbridos Caimán, Cimarrón y AN423 con aplicación y B302 sin aplicación son estadísticamente iguales y superiores hasta un 32 % sobre la media regional.

Estudio 2. Se evaluó alta densidad de población de cinco híbridos potenciales de maíz para grano en la Región de la Comarca Lagunera de Coahuila. El trabajo se realizó durante el ciclo agrícola primavera – verano del año 2011, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna,

estableciendo un experimento de cinco híbridos de maíz provenientes de la compañía Monsanto, utilizando una densidad de población de 111 mil plantas por ha, correspondiendo de esta manera: el tratamiento uno híbrido BS302, tratamiento dos híbrido RX715, tratamiento tres híbrido Caimán, tratamiento cuatro híbrido Oso y tratamiento cinco híbrido Ocelote. El híbrido BS302 se tomó como testigo debido a que es el más explotado en la Región Lagunera de Coahuila y Durango. Se evaluaron las variables; longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, granos por hilera, granos totales por mazorca y rendimiento total de grano. Los resultados obtenidos del rendimiento de grano indican que el híbrido Caimán, RX715, Oso y B302 son estadísticamente iguales con medias de 14.52 a 15.84 t ha<sup>-1</sup> y el híbrido Ocelote fue el que presentó el valor medio de rendimiento más bajo con un rendimiento de 12.37 t ha<sup>-1</sup>.

**ABSTRACT**  
**HYBRID CORN GRAIN AND FODDER IN HIGH DENSITY WITH**  
**APPLICATION HUMIC ACID AND ALGAENZIMAS**

**By**  
**Victoria Jared Borroel Garcia**

**Ph.D IN AGRICULTURAL SCIENCES**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIDAD**  
**LAGUNA**

**Torreón, Coahuila. December 2014**

**Keywords: Performance, high density, humic acid, algaenzimas**  
**hybrids.**

Corn is grown on about 140 million hectares worldwide. It is the staple food for hundreds of millions of people worldwide (Guerrero, 2012).

In the Region Laguna growing corn for forage production is of great importance for quality and on livestock farms corn silage is a basic component in the ration for dairy cattle, mainly because of its energy content and lower cost than other forage crops (Carrillo et al, 2002).

Two studies were conducted in five commercial maize hybrids. The objective was to evaluate the effect of the addition of humic acid and algaenzimas on forage yield

and high population density for the production of corn for grain in the region of the Region Laguna of these five hybrids.

Study 1. The objective of this study was to evaluate the effect of the addition of humic and algaenzimas in forage yield in maize hybrids acid, the experiment was established at the Experimental Station of the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna during the spring-summer 2011. The establishment of the agricultural cycle work consisted of five forage maize hybrids, two levels of humic acid in zero dose and three L ha<sup>-1</sup> and algaenzimas in doses of zero and a L ha<sup>-1</sup>. The experimental design was a randomized block with three replications, 20 treatments were evaluated in a combinatorial arrangement were selected from a full factorial 5 x 2 x 2, corresponding to hybrids, respectively algaenzimas and humic acid

The variables evaluated were: plant height, stem diameter, forage yield and dry matter. The results of forage yield and dry matter indicate that the hybrid interaction with algaenzimas the Caiman, Cimarron and hybrids AN423 application and without application B302 and higher are statistically equal to 32% of the regional average.

Study 2. High population density of five potential corn hybrids for grain in the region of the Region Laguna of Coahuila. The investigation was conducted during the spring growing season was evaluated in Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, establishing an experiment five hybrids of maize from Monsanto, using a population density of 111 000 plants ha<sup>-1</sup>, corresponding in this way: treatment one hybrid BS302t, treatment two hybrid RX715, treatment three t

hybrid Caiman, treatment four hybrid Oso and treatment five hybrid Ocelote. The hybrid BS302 is taken as the control because it is the most exploited in the Region Laguna of Coahuila and Durango. The variables were evaluated; ear length, ear diameter, number of rows, kernels per row, total grains per ear and whole grain yield. The results of grain yield indicate that the hybrid Caiman, RX715, Oso and B302 are statistically equal with averages of 14.52 to 15.84 t ha<sup>-1</sup> and the hybrid Ocelote was that given the average lowest achieving a yield of 12.37 t ha<sup>-1</sup>.

## INDICE

Agradecimientos	I
Dedicatoria	II
Compendio	III
Abstract	VI
I. Introducción	1
II. Objetivos	3
III. Hipótesis	3
IV. Revisión de literatura	4
Importancia del Maíz	4
Rendimiento Maíz forraje y Maíz grano	6
Acido húmico	8
Uso de algaenzimas en la agricultura	10
V. Artículos	11
Rendimiento de Maíz forrajero bajo la adición de ácido húmico y algaenzimas	11
Híbridos para la producción de Maíz grano utilizando alta densidad de población en la Comarca Lagunera	23
 BIBLIOGRAFIA	 40

## I. INTRODUCCIÓN

El Maíz es uno de los principales cereales del mundo. La importancia mundial de este cereal está marcada por la tasa de crecimiento de su producción y superficie cultivada. La tasa de crecimiento entre 1973 y 1988 fue de 2.8% y representó la tasa más elevada de los cereales (Arellano y Ortega, 2002).

En México el cultivo de Maíz es importante por ser su lugar de origen, y ocupar el 57% de la superficie destinada a granos básicos y oleaginosas. A su cultivo se dedican más de 2.5 millones de agricultores, que aportan más de la mitad de los 18 millones de toneladas que se producen (Massieu y Lechuga, 2002).

En México el cultivo del maíz es la base de la alimentación de sus habitantes y el cultivo más importante de la agricultura nacional, produce 21.1 millones de toneladas al año, sin embargo, aún no ha sido posible alcanzar la autosuficiencia en la producción, por lo que el país se ve obligado a importar grandes cantidades de grano, 8.4 millones de toneladas anuales que es el 25% del consumo nacional (Guerrero, 2009).

La creciente demanda global de alimentos y las limitadas posibilidades de expansión de la frontera agrícola, implican la incorporación de tecnologías y el desarrollo de estrategias de manejo para incrementar los rendimientos por unidad de superficie (Salvagiotti, 2009). En México, la demanda de grano de maíz para consumo humano y pecuario es alrededor de 25 millones de toneladas; sin embargo, sólo se producen cerca de 20 millones de toneladas y el rendimiento promedio de grano no cubre esta necesidad (Peña *et al*, 2010).

En la región Lagunera el cultivo del Maíz para producción de forraje es de gran importancia por su calidad y en las explotaciones ganaderas el ensilaje del maíz es un componente básico en la ración para ganado bovino lechero, principalmente por su contenido energético y menor costo que otros cultivos forrajeros (Carrillo *et al*, 2002).

Esta zona considerada como una de las cuencas lecheras más importantes en México, lo cual ha generado que la producción de forraje aumente considerablemente, principalmente la producción de maíz para forraje (Valenzuela *et al*, 2002). Cuenta con aproximadamente 214 mil cabezas de ganado bovino lechero, la magnitud de este sistema de producción plantea la necesidad de proponer estrategias concernientes a la producción de forraje para su manutención, por lo que se ha seleccionado el maíz como un forraje de importancia (Guerrero, 2009).

El objetivo fue evaluar el efecto de la adición de ácidos húmicos y algaenzimas sobre el rendimiento de forraje. Además evaluar alta densidad de población para la producción de maíz para grano en la Región de la Comarca Lagunera de estos cinco híbridos.

## **II. OBJETIVOS**

GENERAL:

Incrementar la producción de híbridos de Maíz.

ESPECIFICOS:

Incrementar el rendimiento de híbridos de maíz forrajero con ácido húmico y algaenzimas.

Incrementar el rendimiento de híbridos de maíz grano utilizando alta densidad de población.

## **III. HIPOTESIS**

H<sub>1</sub>: El uso de ácido húmico y algaenzimas incrementa el rendimiento de forraje en híbridos de maíz.

H<sub>2</sub>: El uso de alta densidad de población incrementa el rendimiento de grano en híbridos de maíz.

#### IV. REVISION DE LITERATURA

##### IMPORTANCIA DEL MAÍZ

En Estados Unidos, el maíz es uno de los cultivos más importantes, con ventas anuales alrededor de los US\$17 mil millones, equivalente al 9% del valor total de la producción agrícola. Producto agrícola de mayor valor y representa más del 25% del total de la recaudación agrícola en los estados de Iowa, Illinois e Indiana (Nadal y Wise, 2005).

México, como otros países del mundo, cuenta con dos grandes sistemas de producción: el agrícola y el pecuario. En condiciones de riego y temporal, ambos sistemas comprenden una superficie aproximada de 196.90 millones de hectáreas, de las cuales 29% son áridas, 10.7% semiáridas, 35% semihúmedas y 24% húmedas. En la Comarca Lagunera de la superficie total de 50 a 60% esta prácticamente disponible para actividades agrícolas. La superficie dedicada a la producción de forraje es aproximadamente 25% del total de la superficie destinada a la producción agrícola. Los cultivos que más se establecen son alfalfa (30,000 ha.), maíz y sorgo forrajero, así como la avena (1, 800 ha.), rye-grass, trébol y praderas (5, 000 ha.) (López *et al*, 2002).

En México el cultivo del maíz es importante por ser un alimento básico para el consumo humano, sobre todo en la dieta de los mexicanos de bajos recursos dieta basada principalmente en cereales (Robles, 1983).

Es ampliamente reconocida la importancia que tiene el ensilado de maíz en la producción lechera. Su uso principal está dado por la facilidad que presenta el cultivo para obtener un ensilaje de calidad, la obtención de grandes volúmenes de forraje por unidad de superficie y el alto valor nutritivo. El uso del ensilado de maíz en la dieta de vacas lecheras es como fuente de energía para suministrar al hato durante otoño e invierno (Rivas *et al.* 2006).

### **RENDIMIENTO MAIZ FORRAJE Y MAIZ GRANO**

La planta de maíz produce, en promedio, más materia seca y nutrientes digestibles por unidad de superficie que otros forrajes. En climas templados es comúnmente usado para hacer ensilaje, y se han realizado muchas investigaciones; sin embargo, su mejoramiento como especie forrajera ha recibido escasa atención y se dispone de algunos resultados que podrían ser base para mejorar su uso forrajero (Rivas *et al.*, 2006).

La necesidad de buscar nuevas alternativas para abaratar costos de producción principalmente del ganado lechero, hacen necesario realizar estudios, en uno de los cultivos de mayor demanda como lo es el maíz forrajero (Guerrero *et al.* 2012). El cultivo del maíz para producción de forraje es de gran importancia por su calidad y por las explotaciones ganaderas principalmente por su contenido energético y menor costo que otros cultivos forrajeros (Carrillo *et al.* 2002

La necesidad de buscar nuevas alternativas para abaratar costos de producción principalmente del ganado lechero, hacen necesario realizar estudios en uno de los cultivos de mayor demanda como lo es el maíz, a fin de satisfacer las necesidades de la alimentación, dada su alta productividad y calidad en verde y ensilado, de tal manera que es importante buscar mejores alternativas en cuanto a genotipos que aseguren altos rendimientos de forraje tomando en cuenta una mayor relación hoja:tallo, elote:planta, alta producción de materia seca y mayor calidad nutritiva (proteína, energía, ácidos grasos y digestibilidad), de tal forma que al realizar ensilados, éstos presenten un alto valor nutritivo, lo que se verá reflejado en una mayor producción de leche, logrando de ésta manera que una alta producción de forraje y de buen valor nutritivo abaraten costos de producción en la industria lechera, aumentando los dividendos de los productores (Rivas *et al*, 2006).

El ensilaje de maíz en grano ha sido el forraje principal de los bovinos en América del Norte y en menor medida en Europa. La planta de maíz tiene una alta capacidad de conversión de la radiación solar en materiales vegetales. El elevado contenido en almidón de su grano hace que tenga un contenido energético más alto que el heno o el forraje de sorgo y que, por lo tanto, sea un buen material para ensilar (Rivas *et al*, 2006).

La planta de maíz se caracteriza por tener un alto contenido de carbohidratos solubles en las hojas y tallo que, a medida que avanza la madurez se traslocan hacia la parte aérea de la planta por arriba del elote y se depositan como forma de carbohidratos de reserva, como el almidón. A su vez en el resto de la planta (tallos

y hojas) se producen cambios asociados a la madurez que vuelven más indigestible el forraje (lignificación de tallos y hojas). La digestibilidad y el contenido de energía de la planta entera dependen del contenido de grano y de la digestibilidad del resto de la planta. El logro de un ensilado de buena calidad es un compromiso entonces entre el contenido en grano de la planta y la calidad del forraje verde, de manera de que lo que se gana en calidad por mayor contenido en grano no se pierda, porque el resto de la planta se transforma en un forraje indigestible. Los ciclos cortos y medios tienen mejor relación grano/planta que los ciclos largos, sin embargo, los altos rendimientos en grano no están correlacionados con alta calidad del forraje (Rivas *et al*, 2006).

En el cultivo de maíz, el número de granos por m<sup>2</sup> es el componente que mayor asociación tiene con el rendimiento final, variando más que el peso del grano en respuesta a las fluctuaciones en las condiciones ambientales (Cantarero *et al*, 2000).

Soltero *et al*, 2010 menciona que los incrementos en el rendimiento de grano al aumentar la densidad de plantas, estuvieron más asociados con incrementos en la producción de biomasa que con incrementos en el índice de cosecha, con una densidad óptima que varió de 10.3 a 10.7 plantas m<sup>-2</sup>.

El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en un mejor uso del terreno, que en conjunto con un área foliar grande permiten al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie; debido a que la radiación fotosintéticamente activa, al llegar al follaje es mejor aprovechada por el cultivo (Sánchez *et al*. 2011). En algunos estudios sobre la producción de grano no se

han encontrado efectos de la densidad de plantas sobre el rendimiento de este o sobre la producción de materia seca en niveles de 50 000 a 87 500 plantas ha<sup>-1</sup> o en densidades superiores a 90 000 plantas ha<sup>-1</sup> (Peña *et al*, 2010). Se recomienda el empleo de híbridos de doble propósito, productores de grano y forraje, siempre y cuando se utilicen prácticas de manejo similares. Se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Wong *et al*. 2007). Así las densidades de siembra recomendadas para maíz varían según el objetivo, que puede ser grano, forraje o ambos (Sánchez *et al*. 2011). Las ventajas de los híbridos en relación con las variedades criollas y sintéticas son producción de grano, uniformidad en floración, altura de planta, maduración, plantas más cortas pero vigorosas que resisten el acame (Castañeda, 2001).

Vera (2011) menciona que la interacción entre la reducción del espaciamiento y el aumento de la población han aumentado la productividad de los híbridos de maíz, en los cuales se han encontrado mayor estabilidad de la producción, una población óptima de plantas por hectárea permitirá no solo mejor captación de energía solar, sino también mayor aprovechamiento de la humedad del suelo y los fertilizantes.

## **ACIDO HUMICO**

El ácido húmico, es una sustancia coloidal derivada del mineral Leonardita (forma oxidada del Lignito); sus dos componentes principales son el ácido húmico y el ácido fúlvico, y su connotación universal "Humus", presentan carácter anfifílico y

grupos funcionales carboxilos, hidroxilos fenólicos, alcohólicos y quinonas e interaccionan con la matriz mineral favoreciendo los procesos edáficos.

Las sustancias húmicas en la actualidad tienen gran importancia debido a las funciones que pueden ejercer en la disponibilidad de nutrientes actuando como agente quelatante. Se han observado efectos positivos en la aplicación de estos, ya que estimula el desarrollo de plantas (Félix *et al.* 2008), el ácido húmico tiene la capacidad de activar los procesos bioquímicos en plantas, como la respiración y fotosíntesis, incrementando el contenido de clorofila, crecimiento de organismos del suelo, desarrollo de raíces, calidad y aumento en el rendimiento de muchas plantas (Aganga *et al.* 2003).

El ácido húmico y fúlvico de bajo peso molecular forman complejos de mayor solubilidad y movilidad de cationes en forma más disponible para las plantas, favoreciendo el transporte de nutrimentos, metales, pesticidas hacia la raíz (Gómez, 2014).

Ramírez *et al* en el 2007 menciona que algunas sustancias como el ácido húmico, se han empleado en la estimulación de diferentes plantas además que poseen grupos auxínicos intercambiables que inducen la proliferación de sitios de emergencia de raíces laterales y estimulan la actividad de la H-ATPasa de la membrana plasmática.

El ácido húmico también pueden incrementar la tolerancia a estrés hídrico, la eficiencia fotoquímica y la actividad endógena de la enzimas antioxidantes (Ramírez *et al*, 2007).

## **USO DE ALGAENZIMAS EN LA AGRICULTURA**

El uso de las algas como biofertilizante tiene la finalidad de incrementar el rendimiento de los cultivos y disminuir los costos de producción, así como favorecer la calidad del suelo (Canales, 1999).

A partir de 1987 se ha reportado que la incorporación de algaenzimas al suelo incrementa las cosechas y favorece la calidad de los frutos básicamente porque administra a los cultivos no solo los macro y micronutrientes que requiere la planta, sino también 27 sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento. Dentro de los compuestos ya identificados en las algas se tienen agentes quelantes como ácidos algínicos, fúlvicos y manitol así como vitaminas, cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Canales, 1999).

## V. ARTICULOS

Artículo enviado a la Revista Iberoamericana de Ciencias con ISSN 2334-2501

Estatus: Aceptado y Publicado en el No. 2 Vol. 1 Julio 2014

# Rendimiento de maíz forrajero bajo la adición de ácido húmico y algaenzimas

Victoria Jared Borroel García<sup>1\*</sup>, Vicente de Paul Álvarez Reyna<sup>2</sup>, Sergio Alfredo Rodríguez Herrera<sup>3</sup>, Florencio Jiménez Díaz<sup>2</sup>, Pablo Preciado Rangel<sup>4</sup>, Alfredo Ogaz<sup>2</sup>, Héctor Zermeno González<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro<sup>1,2,3</sup>, Instituto Tecnológico de Torreón<sup>4</sup>  
Unidad Laguna<sup>1,2</sup>, Unidad Saltillo<sup>3</sup>  
Torreón, Coahuila<sup>1,2,4</sup>, Saltillo, Coahuila<sup>3</sup>; México  
vickybg79@yahoo.com.mx, zermegon@yahoo.com.mx

**Abstract**— The aim of this study was to evaluate the effect of the addition of humic acid and algaenzimas in forage yield in maize hybrids. The work consisted of five forage maize hybrids, two levels of humic acid at zero dose and three L ha<sup>-1</sup> and algaenzimas in doses of zero and a L ha<sup>-1</sup>. The results of the yield of green fodder and dry matter indicate significant difference with the application of 1 L ha<sup>-1</sup> of algaenzimas with mean performance of 70.60 and 15.79 t ha<sup>-1</sup> respectively. Algaenzimas hybrids interaction; the hybrids Caiman, Ocelote and AN423 with 1 L ha<sup>-1</sup> and Berentsen 302 without algaenzimas application obtained significance in mean performance for green fodder and dry matter.

**Keywords:** *humic acids, algaenzimas, yield, green fodder.*

**Resumen**— El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de ácido húmico y algaenzimas en el rendimiento de forraje en híbridos de maíz. El trabajo consistió en cinco híbridos de maíz forrajero, dos niveles de ácido húmico en dosis cero y tres L ha<sup>-1</sup> y algaenzimas en dosis de cero y un L ha<sup>-1</sup>. Los resultados obtenidos del rendimiento de forraje verde y materia seca indican diferencia significativa con la aplicación de 1 L ha<sup>-1</sup> de algaenzimas con medias de rendimiento de 70.60 y 15.79 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente. La interacción híbridos con algaenzimas; los híbridos Caimán, Ocelote y AN423 con 1 L ha<sup>-1</sup> de algaenzimas y Berentsen 302 sin aplicación obtuvieron significancia en las medias de rendimiento para forraje verde y materia seca.

**Palabras claves**—*ácidos húmicos, algaenzimas, rendimiento, forraje verde.*

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más utilizados para consumo humano y animal. En términos de recepción de ingresos es el tercer cultivo más importante en el mundo, sembrándose 129 millones de hectáreas (has) [9]. La necesidad de buscar nuevas alternativas para abaratar costos de producción principalmente del ganado lechero, hacen necesario realizar estudios, en uno de los cultivos de mayor demanda como lo es el maíz forrajero [8]. El cultivo del maíz para producción de forraje es de gran importancia por su calidad y por las explotaciones ganaderas principalmente por su contenido energético y menor costo que otros cultivos forrajeros [4]. Las sustancias húmicas en la actualidad tienen gran importancia debido a las funciones que pueden ejercer en la disponibilidad de nutrientes actuando como agente quelatante. Se han observado efectos positivos en la aplicación de estos, ya que estimula el desarrollo de plantas [5], el ácido húmico tiene la

capacidad de activar los procesos bioquímicos en plantas, como la respiración y fotosíntesis, incrementando el contenido de clorofila, crecimiento de organismos del suelo, desarrollo de raíces, calidad y aumento en el rendimiento de muchas plantas [1]. El uso de algas como biofertilizante tiene la finalidad de incrementar el rendimiento de los cultivos y disminuir los costos de producción [3]. El objetivo del presente trabajo es incrementar el rendimiento de maíz forrajero mediante la aplicación de ácido húmico y alga enzimas en la Comarca Lagunera.

## II. MATERIALES Y METODOS

### A. Localización del sitio experimental.

El estudio se realizó durante el ciclo agrícola primavera – verano del año 2011 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Localizada sobre el periférico Raúl López Sánchez Km 40 que conduce a Gómez Palacio, Durango y carretera a Santa Fe. El sitio experimental se encuentra localizado a una altitud de 1123 msnm, en valores medios de 25° 31' 11" latitud norte y 103° 25' 57" longitud oeste. Predominando un clima muy seco semicálido (BWH), con una precipitación y temperatura promedio anual de 260.7 mm y 20.9°C respectivamente. Los meses más calurosos son de mayo a agosto y los meses más fríos son diciembre y enero, con régimen de lluvias en verano e invierno fresco [7].

Para conocer las principales características del suelo de mayor importancia y con la finalidad de conocer que híbrido responde mejor a este, se llevó a cabo un muestreo tomando diez submuestras a la profundidad 0.0-0.30 m y de estas se obtuvo una muestra compuesta de dos kg, el análisis se realizó en el Laboratorio Agropecuario Regional de la Comarca Lagunera, los resultados se presentan en la (Tabla 1).

Características del suelo del sitio experimental.

Característica	Valor obtenido	Unidades	Rango optimo
<u>Físicas</u>			
Textura	Migajón-Arenoso		
Pwcc	31.77	%	
Pwmp	17.36	%	
Humedad disponible	14.41	%	
Da	1.29	gr cm <sup>3</sup>	1 – 1.9
Densidad de sólidos	2.65	gr cm <sup>3</sup>	
CIC	23	Meq/100gr	25.0 – 50.0
<u>Fertilidad</u>			
pH	7.98		6.5 – 7.5
MO	2.40	%	>3.0
N-NO <sub>3</sub>	13.40	Ppm	>30.0
P	4.20	Ppm	>30.0
K	208.0	Ppm	>170.0
CaCO <sub>3</sub>	13.40	%	<15.0
<u>Salinidad</u>			
CE	2.07	dSm <sup>-1</sup>	2.0 – 8.0
Bicarbonatos	4.35	Meq/lto	
Cloruros	5.11	Meq/lto	
Sulfatos	10.42	Meq/lto	
RAS	2.12		<5.0
PSI	1.83		<10.0

\*Métodos de análisis de acuerdo a: NOM-021-REC/NAT-2000

La tabla uno muestra que los híbridos fueron establecidos en un suelo de características físicas aceptables de textura migajón arenoso, fertilidad media a baja la cual se compensó con la fertilización aplicada al suelo y características ligeramente salinas y bajo en sodio.

*B. Diseño y parcela experimental.*

Se utilizó un diseño experimental bloques al azar, evaluando 20 tratamientos con tres repeticiones, estos fueron evaluados en un arreglo combinatorio y obtenidos de un factorial completo 5 x 2 x 2 (tabla 2), que consistieron de cinco híbridos de maíz, dos niveles de ácido húmico y dos niveles de algaenzimas. El área experimental fue de 600 m<sup>2</sup>, 20 surcos establecidos a 0.75 m entre estos y una longitud de 40 m, cada uno de los híbridos fue sembrado en cuatro surcos, el tamaño de la parcela experimental fue de 3.0 m de ancho por 3.33 m (10 m<sup>2</sup>), donde se evaluó la parcela útil de dos surcos centrales de 1.5 m de ancho por 3.33 m (5 m<sup>2</sup>).

Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Híbrido	Algaenzima	Acido húmico
1	B302	0	0
2		0	3
3		1	0
4		1	3
5	CIMARRON	0	0
6		0	3
7		1	0
8		1	3
9	OCELOTE	0	0
10		0	3
11		1	0
12		1	3
13	CAIMAN	0	0
14		0	3
15		1	0
16		1	3
17	AN423	0	0
18		0	3
19		1	0
20		1	3

*C. Descripción de los híbridos evaluados.*

Se evaluaron cinco híbridos de maíz, sus características se presentan en la (Tabla 3), el híbrido Cimarrón y Ocelote son considerados como forrajeros y los híbridos Berentsen 302, Caimán y AN423 considerados de doble propósito (forraje y grano).

Características principales de los híbridos de maíz evaluados.

ORIGEN	DESCRIPCION DE LOS HIBRIDOS
BERENTSEN 302	Híbrido intermedio, días a floración 75. Madurez fisiológica a los 145 días, tolerante a acame, enfermedades foliares y pudriciones de raíz y tallo, densidad de siembra de 75 a 85 mil plantas/ha, altura de mazorca 1.40 a 1.50 m, altura de planta 2.30 a 2.50 m, color de grano blanco.
CIMARRON	Híbrido intermedio, cruza simple modificada, color de grano blanco, días a floración 70 días a cosecha de 115 a 120 días, altura de la mazorca de 1.30 a 1.60 m, altura de planta de 2.30 a 2.70 m, densidad de siembra de 75 a 90 mil plantas/ha.
OCELOTE	Cruza triple, precoz, altura de planta de 2.80 a 3.20 m, altura de mazorca entre 1.70 a 1.90 m, días a floración 60 días, días a cosecha de 90 a 150, color de grano blanco, densidad de siembra 95 mil plantas/ha.
CAIMAN	Híbrido de ciclo intermedio-precoz, recomendado para condiciones de riego y buenos temporales. Alta tolerancia a las pudriciones de tallo causado por Fusarium. Rendimientos competitivos contra híbridos de ciclo más largo. Recomendado para siembras en agricultura convencional y de conservación.
AN423	Híbrido de cruza triple, madurez intermedia. Color de grano blanco. Densidad de siembra forrajera de 80 a 130 mil plantas/ha.

*D. Descripción de ácido húmico y algaenzimas.*

El ácido húmico utilizado se obtuvo por un proceso de descomposición del estiércol bovino, que tiene la característica de ser alta en su peso molecular, retención de humedad, capacidad de intercambio catiónico, solubilidad y acción quelatante. Las algaenzimas utilizadas se obtuvieron a base de extractos de algas marinas y un complejo de microorganismos que en forma natural viven asociados, estas tienen la característica de ser catalizadores biológicos y contiene cantidades adecuadas de materia orgánica, proteína, fibra cruda, cenizas, azúcares y grasas, además de macro y micronutrientes. (Tabla 4 y 5).

Composición del ácido húmico utilizado en los tratamientos evaluados.

Compuesto	Porcentaje (%)
Potasio soluble en agua (K <sub>2</sub> O)	9.0
Carbono orgánico oxidable	30.10
Carbono de extracto húmico total	23.80
Carbono de ácido húmico	22.63
Carbono de ácido fúlvico	1.17
Humedad	10
pH en solución al 15%	10

Composición de algaenzimas utilizadas en los tratamientos evaluados.

<b>Composición</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Materia orgánica	4.15
Proteína	1.14
Fibra cruda	0.43
Cenizas	0.28
Azucares	0.13
Grasas	0.03
Potasio (K)	1.48
Nitrógeno (N)	1.45
Sodio (Na)	1.366
	<b>Ppm</b>
Magnesio (Mg)	1320
Fósforo (P)	750
Calcio (Ca)	620
Zinc (Zn)	505
Hierro (Fe)	440
Cobalto (Co)	275
Cobre (Cu)	147
Manganeso (Mn)	72
Silicio (Si)	4
Molibdeno (Mo)	<0.1
Bario (Ba)	<0.1
Estaño (Sn)	<0.1
Talio (Ti)	<0.1
Níquel (Ni)	<0.1
Antimonio (Sb)	<0.1

#### *E. Preparación de suelo y siembra.*

Antes de realizar la siembra se llevó a cabo la preparación del suelo que consistió en un barbecho, rastreo y surcado con la finalidad de tener las condiciones apropiadas para la emergencia y desarrollo de los híbridos. La siembra se llevó a cabo en el periodo de primavera recomendado para la región Lagunera que correspondió al ocho abril del año 2011, se sembraron a una distancia de 0.12 m entre plantas, esta se llevó a cabo en forma manual colocando una semilla por golpe a 4 cm de profundidad al centro del surco y a un lado de la línea regante, dando una densidad de población de 111 mil plantas por hectárea.

#### *F. Manejo y calidad del agua de riego.*

Se dio un riego de presiembra con una lámina de 15 cm y posteriormente los riegos se realizaron cada tercer día hasta los 90 días después de la siembra (dds) con una lámina de un centímetro. El agua utilizada en los riegos corresponde a una calidad medianamente salina y baja en sodio (C3S1) la cual se puede utilizar adecuadamente en el riego para la mayoría de los suelos, el análisis se realizó en el Laboratorio Agropecuario Regional de la Comarca Lagunera, los resultados se presentan en la (Tabla 6).

Características químicas del agua del sitio experimental.

Característica	Valor obtenido	Unidades	Rango optimo
Carbonatos	0	Meq/lto	
Bicarbonatos	4.30	Meq/lto	
RAS ajustado	5.47	Meq/lto	
CE	1.07	dScm-1	<5.0
pH	7.89		6.5 – 8.5
Calcio	7.85	Meq/lto	200 ppm
Magnesio	0.86	Meq/lto	125 ppm
Sodio	2.75	Meq/lto	200 ppm
Potasio	0.01	Meq/lto	
RAS	1.32	Meq/lto	
Cloruros	3.15	Meq/lto	250 ppm
Sulfatos	2.28	Meq/lto	400 ppm
Nitratos	7.20	Ppm	10 ppm
Dureza total	435.5	Mg/lto	500 ppm
Alcalinidad total	215	Mg/lto	400 ppm
Solidos totales	1,125	Mg/lto	1000 ppm
Clasificación*	C3S1		

Máximos permitidos por SSA Norma Oficial Mexicana: NOM-127-SSA 1-1994

\*Clasificación de acuerdo al diagrama para clasificación de aguas de riego del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

### G. Fertilización aplicada.

La fertilización aplicada a los cinco híbridos evaluados fue 140-60-00 de acuerdo a la recomendación del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), no se realiza aplicación de Potasio (K) debido a que los suelos son ricos en este nutrimento, como se muestra en el cuadro descrito anteriormente del análisis del suelo, el Fósforo (P) y el 50 por ciento del Nitrógeno (N) se aplicó al momento de la siembra y el 50 por ciento del N restante a la primer escarda.

### H. Aplicación y dosis de los tratamientos.

Las aplicaciones se realizaron en la etapa de crecimiento, V4, V5 Y V6 en forma manual con una mochila aspersora con capacidad de 20 L, se hicieron 3 aplicaciones de ácido húmico a los 30, 38 y 46 dds, aplicando la dosis recomendada en el producto de 1 L ha<sup>-1</sup>. La primer aplicación de hizo en la base del tallo de la planta y las dos aplicaciones restantes se realizaron foliarmente. La aplicación de algaenzimas se realizó foliarmente a los 49 dds en una sola dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>.

### I. Variables agronómicas evaluadas y rendimiento del cultivo de maíz.

Para evaluar las variables altura de planta y diámetro de tallo, se utilizó cinta métrica y vernier respectivamente, estas mediciones se realizaron en diez plantas de la parcela útil. El peso fresco del forraje se realizó de forma manual cortando cinco plantas de la parcela útil de cada tratamiento y repetición en la etapa de 1/3 de línea de leche del grano del elote y se pesaron en una báscula romana de resorte marca Nuevo León, para obtener la materia seca las plantas muestreadas, se picaron y mezclaron y posteriormente se tomó una submuestra de 1 kilogramo que se secó a temperatura ambiente hasta alcanzar peso constante.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. Rendimiento de forraje verde y materia seca.

Los resultados de los rendimientos obtenidos presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) entre los niveles de algaenzimas (figura 1), de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se encontró que el nivel de  $1 \text{ L ha}^{-1}$ , tuvo el rendimiento más alto para la variable forraje verde y materia seca con  $70.60$  y  $19.79 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Gabriel en el 2009, donde reporta que hubo un incremento en el rendimiento en el cultivo de palma africana de más de  $8 \text{ ton ha}^{-1}$  con una dosis de  $2 \text{ L ha}^{-1}$  de algaenzimas. Resultados similares fueron reportados por Canales en el 2000 donde se incrementó el rendimiento en el cultivo de maíz grano de  $6$  a  $10.4 \text{ ton ha}^{-1}$  con dosis de  $1 \text{ L ha}^{-1}$ .

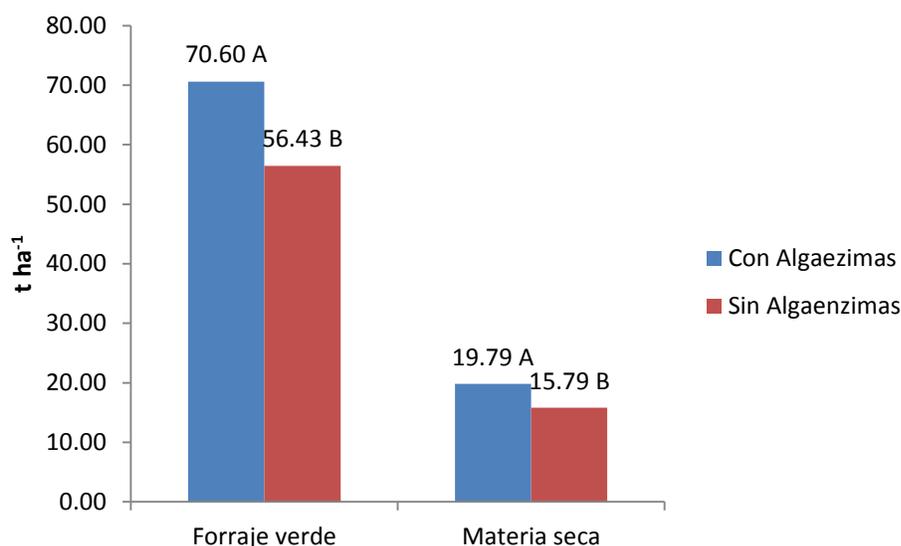


Fig. 1. Rendimiento de forraje verde y materia seca con y sin aplicación de algaenzimas.

#### B. Rendimiento forraje verde en su interacción híbridos con algaenzimas.

Se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) entre la interacción híbridos con algaenzimas (figura 2), de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) significativamente las mejores interacciones corresponden a los híbridos; Caimán, Ocelote y AN423 con  $1 \text{ L ha}^{-1}$  algaenzimas y el híbrido Berentsen 302 sin aplicación de algaenzimas con medias de rendimiento de  $85.14$ ,  $72.06$ ,  $69.28$  y  $68.28 \text{ ton ha}^{-1}$  respectivamente, y las interacciones con rendimientos más bajos fueron en los híbridos; AN423, Ocelote y Caimán sin aplicación de algaenzimas, con medias de rendimiento de  $49.74$ ,  $53.26$  y  $53.73 \text{ ton ha}^{-1}$  respectivamente.

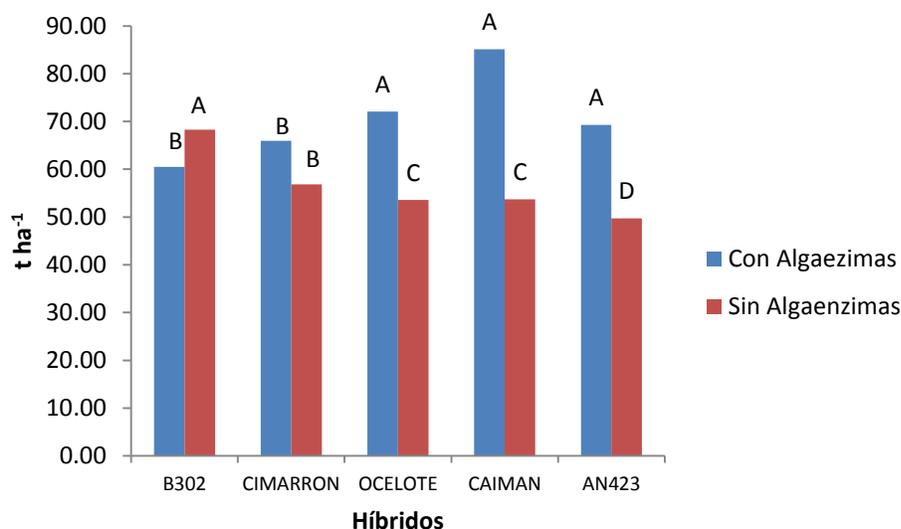


Fig. 2. Rendimiento de forraje verde en su interacción híbridos- algaenzimas.

*C. Rendimiento materia seca en su interacción híbridos con algaenzimas.*

Se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) entre la interacción híbridos con algaenzimas (figura 3), de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) significativamente las mejores interacciones corresponden a los híbridos; Caimán, Ocelote y AN423 con 1 L ha<sup>-1</sup> algaenzimas y el híbrido Berentsen 302 sin aplicación de algaenzimas con medias de rendimiento de 23.83, 20.17, 19.39 y 19.11 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente, y las interacciones con rendimientos más bajos fueron en los híbridos; AN423, Ocelote y Caimán sin aplicación de algaenzimas, con medias de rendimiento de 13.90, 14.99 y 15.04 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente.

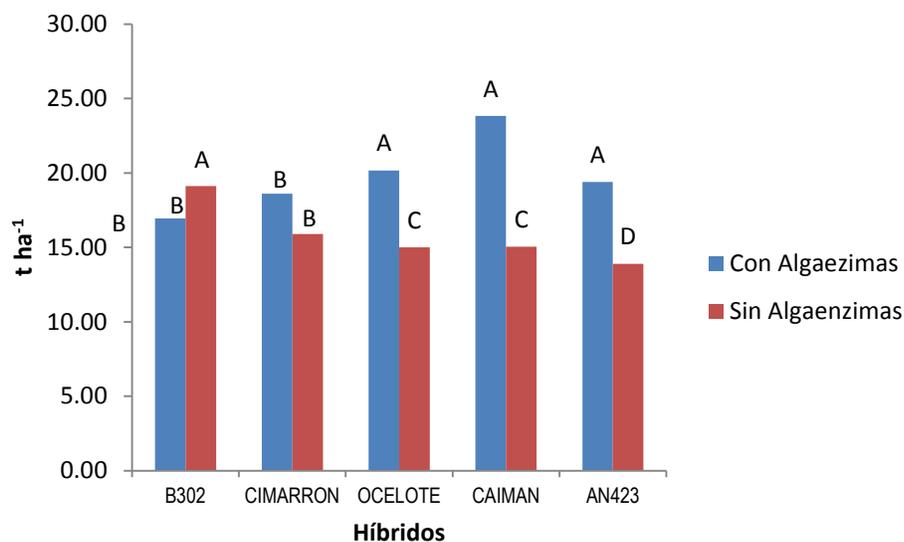


Fig. 3. Rendimiento de materia seca en su interacción híbridos-algaenzimas.

*D. Altura de planta.*

Los resultados obtenidos para la variable altura de planta mostraron diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) en los híbridos, algaenzimas, ácido húmico y la interacción híbridos con algaenzimas (figura 4 y 5), de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se encontró que

de los híbridos evaluados el híbrido Berentsen 302 y Ocelote son estadísticamente superiores con medias de 243.86 y 231.49 cm respectivamente, siendo el híbrido AN 423 el que presento la media más baja con 221.1 cm; los niveles de algaenzimas y ácido húmico, sin la aplicación de estos, tuvo los valores más altos con 236.49 y 233.72 cm respectivamente. Presento diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) la interacción híbridos con algaenzimas, de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se encontró que significativamente las mejores interacciones corresponden a los híbridos; B302 y Ocelote sin aplicación de algaenzimas y el híbrido B302 con 1 L ha-1 algaenzimas, con medias de 254.56, 250.99 y 233.16 cm respectivamente, y las interacciones con altura de planta más baja fueron en los híbridos; Cimarrón y Ocelote con 1 L ha-1 de algaenzimas con medias de 217.66 y 212 cm respectivamente. Los resultados obtenidos para esta variable son superiores a los reportados por Ayala en el 2013 donde se evaluaron dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) con la aplicación de cuatro dosis de extracto de algas marinas teniendo como resultados para la interacción híbrido-algaenzimas altura promedio de 229.11 cm.

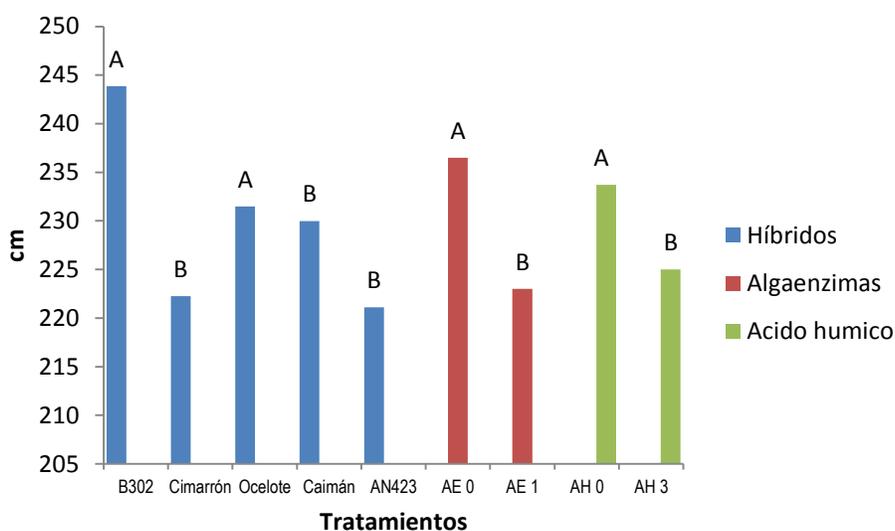


Fig. 4. Híbridos, niveles de algaenzimas y niveles de ácido húmico en la variable altura de planta.

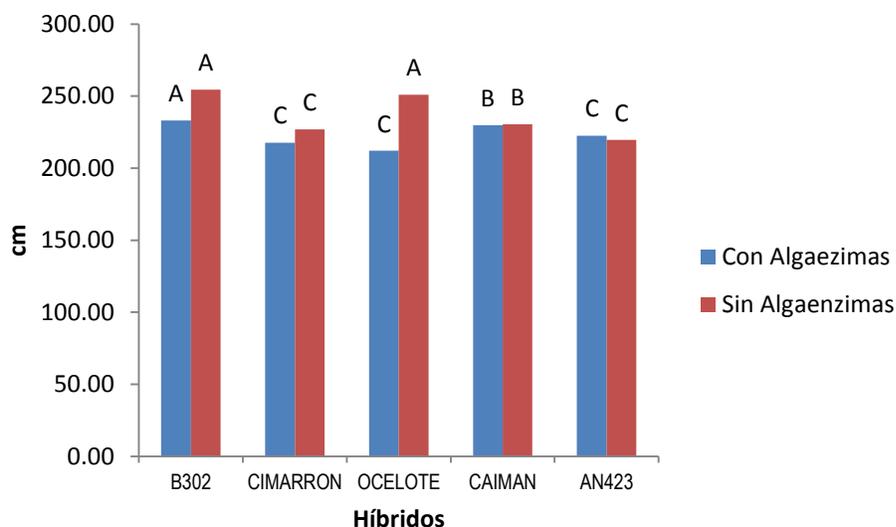


Fig. 5. Altura de planta de la interacción híbridos con y sin aplicación de algaenzimas.

#### E. Diámetro de tallo.

Los resultados obtenidos de la variable diámetro de tallo mostraron diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) en los híbridos, algaenzimas y ácido húmico (figura 6), de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se encontró que los híbridos evaluados el Berentsen 302, Caimán, AN423 y Cimarrón son estadísticamente superiores con medias de 2.19, 2.00, 2.00 y 1.97 cm respectivamente, siendo el híbrido Ocelote el que presento la media más baja con 1.9 cm; los niveles de algaenzimas y ácido húmico, se encontró que sin aplicación de algaenzimas tuvo el valor más alto de diámetro de tallo con 2.08 cm y la dosis de 3 L ha<sup>-1</sup> de ácido húmico tuvo el valor más alto con 2.08 cm.

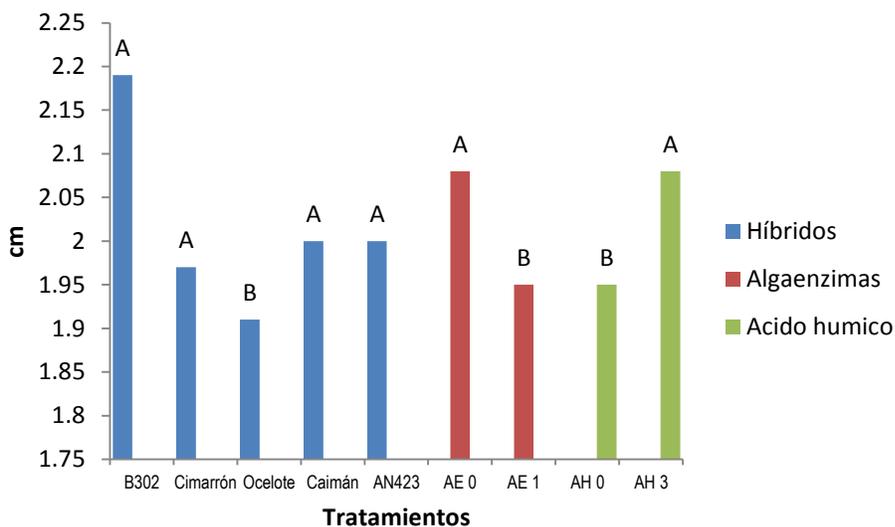


Fig. 6. Híbridos, algaenzimas y ácido húmico en la variable diámetro de tallo.

Fig. 7.

## IV. CONCLUSION

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que los tratamientos evaluados; los niveles de algaenzimas y la interacción híbrido con algaenzimas presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ), para la variable forraje verde y materia seca, los rendimientos más altos se tuvieron con aplicación de algaenzimas y en la interacción los híbridos Ocelote, Caimán y AN423 con aplicación de algaenzimas y el híbrido Berentsen 302 sin aplicación, con un incremento de rendimiento del 32 % respecto a la media regional. Para la variable altura de planta se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) para los efectos principales y la interacción híbrido con algaenzimas; el híbrido Berentsen 302 y Ocelote, sin aplicación de algaenzimas y sin aplicación de ácido húmico, presentaron los valores más altos en esta variable; para la interacción híbrido con algaenzimas, el mejor efecto se tuvo en el híbrido Berentsen 302 y Ocelote sin aplicación de algaenzimas. En cuanto la variable diámetro de tallo se tuvo diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) en híbridos, algaenzimas y ácido húmico; los valores más altos se tuvieron en los híbridos Berentsen 302, Cimarrón, Caimán y AN423, sin aplicación de algaenzimas y con aplicación de ácido húmico.

## RECOMENDACIONES

De acuerdo al planteamiento, desarrollo y resultados obtenidos de los estudios realizados durante el ciclo agrícola primavera – verano del año 2011, se sugiere realizar las siguientes recomendaciones:

1. Es recomendable realizar los estudios en diferentes localidades agrícolas productoras de maíz de grano y forraje de la Comarca Lagunera, con la finalidad de que los resultados sean más representativos de acuerdo al suelo y manejo de los productores de la región.
2. Es importante analizar variables de calidad en maíz de grano y forraje, debido a que ambos son una de las fuentes más importantes de la alimentación humana y animal y que el objetivo no sea solo incremento de rendimiento.
3. Se sugiere que el ácido húmico y algaenzimas sean aplicados al suelo y foliar, ya que los mayores beneficios de estos se han encontrado aplicados al suelo, de esta forma se puede tener un mayor efecto en su interacción y es recomendable incrementar los rangos de aplicación con la finalidad de encontrar el nivel más adecuado de estos productos.
4. Se recomienda realizar muestreos y análisis foliares en cada uno de los tratamientos antes y después de aplicados los productos para comprobar si existen incrementos de los nutrimentos aplicados.

## REFERENCIAS

- [1] A. A. Aganga and S. O. Tshwenyane Lucerne, lablab and *Leucaena leucocephala* forages: Production and utilization for livestock production. *Pakistan Journal of Nutrition* 2: 46-53. 2003
- [2] A.L. Ayala G. Evaluación Agronómica de dos híbridos de Maíz (*Zea mays* L.) con la aplicación de cuatro dosis de extracto de algas marinas en El Cantón La Mana. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Cotopaxi. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Pág. 132. 2013.
- [3] B. Canales L. Enzimas-Algas: Posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe Ciencias Sociales y Humanidades*. 17: 271 – 276. 2000.
- [4] J. S. Carrillo, D. G. Reta, J. A. Cueto. Híbridos de maíz para producción de forraje en alta densidad de población en la región Lagunera. *Memorias de la XIV semana Internacional de Agronomía de la FAZ-UJED*. 315-320. 2002.
- [5] H. Félix, R. Sañudo, G. Rojo, R. Martínez y P. Olalde. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*.4: 57-67. 2008.
- [6] L. Gabriel. Efecto de dos dosis de extracto de algas marinas sobre el rendimiento del cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq) y servicios prestados en la empresa Indesa, El Estor, Izabal. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Pág. 128. 2009.
- [7] E. García. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). *Offset Larios S.A. México D.F.* Pág. 46-52. 1988.
- [8] C. Guerrero, A. Espinoza, A. Palomo, E. Gutiérrez, J. G Luna, N. Rodríguez. Comportamiento genético y aptitud combinatoria en cruza Simple con líneas élite de maíz, comportamiento genético y aptitud combinatoria en cruza Simple con líneas élite de maíz. *Universidad y Ciencia* 28(1):65-77. 2012.
- [9] M. A. Sánchez, C. U. Aguilar, N. Valenzuela, C. Sánchez, M. C. Jiménez y C. Villanueva. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía mesoamericana* 22(2):281-295. 2011.

Producción de híbridos de maíz de grano en alta población

**HIBRIDOS PARA PRODUCCION DE MAIZ (*Zea mays* L.) GRANO UTILIZANDO ALTA DENSIDAD DE POBLACION EN LA COMARCA LAGUNERA**

**HYBRIDS OF CORN FOR GRAIN PRODUCTION USING HIGH DENSITY OF POPULATION IN COMARCA LAGUNERA REGION**

Victoria Jared Borroel García<sup>1</sup>, Sergio Alfredo Rodríguez Herrera<sup>2</sup>, Pablo Preciado Rangel<sup>3</sup>, Vicente de Paul Álvarez Reyna<sup>4</sup>, Alfredo Ogaz<sup>4</sup>, Florencio Jiménez Díaz<sup>4\*</sup>, Efraín de la Cruz Lázaro<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Alumno de Posgrado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Periférico Raúl López Sánchez Km. 2. 27059, Torreón, Coahuila. Tel. 01 (871) 729-7676. <sup>2</sup>Profesor Investigador de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Boulevard Antonio Narro s/n. Buenavista. Saltillo. Coahuila C.P. 25315. México. <sup>3</sup>Profesor Investigador del Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro, Ejido Ana, Torreón, Coahuila. C.P. 27170. <sup>4</sup>Profesores Investigadores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Periférico Raúl López Sánchez Km. 2. C. P. 27059, Torreón, Coahuila. Tel. 01 (871) 729-7676. <sup>5</sup>Profesor Investigador de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura, C.P. 86040, Villahermosa, Tabasco.

Autor para correspondencia: [jidfmx@yahoo.com.mx](mailto:jidfmx@yahoo.com.mx)

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

**RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue evaluar alta densidad de población de cinco híbridos potenciales de maíz para grano en la Región de la Comarca Lagunera de Coahuila, México. Esta localidad no cuenta con un programa de mejoramiento permanente y el rendimiento de grano promedio es de 3.3 t ha<sup>-1</sup>, aun cuando el rendimiento potencial a nivel experimental es de 13 t ha<sup>-1</sup>, por lo que se deben buscar formas de aumentar la calidad y productividad de este cultivo. El trabajo se realizó durante el ciclo agrícola primavera – verano del año 2011, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, estableciendo un experimento de cinco híbridos de maíz provenientes de la compañía Monsanto, utilizando una densidad de población

de 111 mil plantas por ha, correspondiendo de esta manera: el tratamiento uno; híbrido BS302, tratamiento dos; híbrido RX715, tratamiento tres; híbrido Caimán, tratamiento cuatro; híbrido Oso y tratamiento cinco; híbrido Ocelote. El híbrido BS302 se tomó como testigo debido a que es el más explotado en la Región Lagunera de Coahuila y Durango. Se evaluaron las variables; longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, granos por hilera, granos totales por mazorca y rendimiento total de grano. Los resultados obtenidos del rendimiento de grano indican que el híbrido Caimán, RX715, Oso y B302 son estadísticamente iguales con medias de 14.52 a 15.84 t ha<sup>-1</sup> y el híbrido Ocelote fue el que presentó el valor medio de rendimiento más bajo con un rendimiento de 12.37 t ha<sup>-1</sup>.

Palabras clave: híbridos, maíz, rendimiento.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to evaluate high density of population of five potential corn hybrids for grain in the Region of the Comarca Lagunera of Coahuila, Mexico. This region does not have a program of continuous improvement of corn maize and its average grain is 3.3 t ha<sup>-1</sup>, even if the potential performance experimentally is 13 t ha<sup>-1</sup>, so it must find ways to increase the quality and productivity of this crop. The work was done during the season spring - summer of 2011 in the experimental field of the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna establishing an experiment of five maize hybrids from Monsanto Company, using a population density of 111 000 plants per hectare, corresponding in this way: treatment one; hybrid BS302, treatment two; hybrid RX715, treatment three; hybrid Caiman, treatment four; hybrid Oso and treatment five; hybrid Ocelote. The BS302 hybrid was taken as control because it is the most exploited in the Laguna region of Coahuila and Durango. Variables evaluated were ear length, ear diameter, number of rows,

kernels per row, total grains per ear and total yield of grain; variables were evaluated. The results of average grain yield show that the hybrid Caiman , RX715, Oso and B302 are statistically equal with 14.52 and 15.84 t ha<sup>-1</sup> respectively, and hybrid Ocelot was the one who presented lower mean with 12.37 t ha<sup>-1</sup>.

Key words: hybrids, corn, yield.

## INTRODUCCIÓN

En la región de la Comarca Lagunera, se siembran anualmente 15 000 ha de maíz de grano y 24 000 ha de maíz forrajero, en su mayoría con híbridos comerciales para grano desarrollados por compañías transnacionales para otras áreas del país (Wong *et al.* 2007). Hay un gran interés en que México reduzca las importaciones y abastezca su consumo de maíz con producción propia en los próximos años. Para esto es necesario aumentar la productividad del maíz dándole a los productores acceso a tecnologías apropiadas, incluidas las semillas mejoradas (Donnet *et al.* 2012). La falta de híbridos en la Región Lagunera, representa un problema, pues no existe un programa de mejoramiento permanente en esta región y predominan híbridos introducidos que se utilizan para producción de grano (Espinoza *et al.* 2003). La creciente demanda global de alimentos y las limitadas posibilidades de expansión de la frontera agrícola, implican la incorporación de tecnologías y el desarrollo de estrategias de manejo para incrementar los rendimientos por unidad de superficie (Salvagiotti, 2009). En México, la demanda de grano de maíz para consumo humano y pecuario es alrededor de 25 millones de toneladas; sin embargo, sólo se producen cerca de 20 millones de toneladas y el rendimiento promedio de grano no cubre esta necesidad (Peña *et al.*, 2010). El rendimiento de grano promedio para la región Lagunera es de 3.3 t ha<sup>-1</sup>, aun cuando el rendimiento a nivel experimental es de 13 t ha<sup>-1</sup>, por lo que se deben buscar formas de aumentar la calidad y

productividad de este cultivo, mediante caracterización de los mejores híbridos alto rendimiento (Wong *et al.* 2007). El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en un mejor uso del terreno, que en conjunto con un área foliar grande permiten al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie; debido a que la radiación fotosintéticamente activa, al llegar al follaje es mejor aprovechada por el cultivo (Sánchez *et al.* 2011). En algunos estudios sobre la producción de grano no se han encontrado efectos de la densidad de plantas sobre el rendimiento de este o sobre la producción de materia seca en niveles de 50 000 a 87 500 plantas ha<sup>-1</sup> o en densidades superiores a 90 000 plantas ha<sup>-1</sup> (Peña *et al.*, 2010). Se recomienda el empleo de híbridos de doble propósito, productores de grano y forraje, siempre y cuando se utilicen prácticas de manejo similares. Se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Wong *et al.* 2007). Así las densidades de siembra recomendadas para maíz varían según el objetivo, que puede ser grano, forraje o ambos (Sánchez *et al.* 2011). Las ventajas de los híbridos en relación con las variedades criollas y sintéticas son producción de grano, uniformidad en floración, altura de planta, maduración, plantas más cortas pero vigorosas que resisten el acame (Castañeda, 2001). El objetivo de esta investigación es incrementar el rendimiento de maíz de grano mediante la adaptación de nuevos híbridos utilizando alta densidad de población en la Comarca Lagunera.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

**Localización del sitio experimental.** El estudio se realizó durante el ciclo agrícola primavera – verano del año 2011 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Localizada sobre el periférico Raúl López Sánchez Km 40 que conduce a Gómez Palacio, Durango y carretera a Santa Fe. El sitio experimental se encuentra localizado a una altitud de 1123 msnm, en valores medios de 25° 31' 11" latitud norte y 103° 25' 57" longitud oeste.

Predominando un clima muy seco semicálido (BWH), con una precipitación y temperatura promedio anual de 260.7 mm y 20.9°C respectivamente. Los meses más calurosos son de mayo a agosto y los meses más fríos son diciembre y enero, con régimen de lluvias en verano e invierno fresco (García, 1988).

Para conocer las principales características del suelo de mayor importancia y con la finalidad de conocer que híbrido responde mejor a este, se llevó a cabo un muestreo tomando diez submuestras a la profundidad 0.0-0.30 m y de estas se obtuvo una muestra compuesta de dos kg, el análisis se realizó en el Laboratorio Agropecuario Regional de la Comarca Lagunera, los resultados se presentan en la (Tabla 1).

La tabla uno muestra que los híbridos fueron establecidos en un suelo de características físicas aceptables de textura migajón arenoso, fertilidad media a baja la cual se compensó con la fertilización aplicada al suelo y características ligeramente salinas y bajo en sodio.

**Diseño y parcela experimental.** Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, se evaluaron seis repeticiones por tratamiento los cuales consistieron de cinco híbridos de maíz provenientes de la compañía Monsanto, las características se presentan en la tabla 2: corresponde el tratamiento uno híbrido BS302, tratamiento dos híbrido RX715, tratamiento tres híbrido Caimán, tratamiento cuatro híbrido Oso y tratamiento cinco híbrido Ocelote. El híbrido BS302 fue tomado como testigo por ser el de mayor explotación en la Comarca Lagunera. El área experimental fue de 600 m<sup>2</sup>, 20 surcos establecidos a 0.75 m entre estos y una longitud de 40 m, cada uno de los híbridos fue sembrado en cuatro surcos, el tamaño de la parcela experimental fue de 3.0 m de ancho por 6.66 m (20 m<sup>2</sup>), donde se evaluó la parcela útil de dos surcos centrales de 1.5 m de ancho por 6.66 m (10 m<sup>2</sup>).

**Preparación de suelo y siembra.** Antes de realizar la siembra se llevó a cabo la preparación del suelo que consistió en un barbecho, rastreo y surcado con la finalidad de tener las condiciones apropiadas para la emergencia y desarrollo de los híbridos. La siembra se llevó a cabo en el periodo de primavera recomendado para la región Lagunera que correspondió al ocho abril del año 2011, se sembraron a una distancia de 0.12 m entre plantas, esta se llevó a cabo en forma manual colocando una semilla por golpe a 4 cm de profundidad al centro del surco y a un lado de la línea regante, dando una densidad de población de 111 mil plantas por hectárea.

**Manejo y calidad del agua de riego.** Se dio un riego de presiembra con una lámina de 15 cm y posteriormente los riegos se realizaron cada tercer día hasta los 90 dds con una lámina de un centímetro. El agua utilizada en los riegos corresponde a una calidad medianamente salina y baja en sodio ( $C_3S_1$ ) la cual se puede utilizar adecuadamente en el riego para la mayoría de los suelos, el análisis se realizó en el Laboratorio Agropecuario Regional de la Comarca Lagunera, los resultados se presentan en la (Tabla 3).

**Fertilización aplicada.** La fertilización aplicada a los cinco híbridos evaluados fue 140-60-00 de acuerdo a la recomendación del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), no se realiza aplicación de Potasio (K) debido a que los suelos son ricos en este nutrimento, como se muestra en el cuadro descrito anteriormente del análisis del suelo, el Fosforo (P) y el 50 por ciento del Nitrógeno (N) se aplicó al momento de la siembra y el 50 por ciento del N restante a la primer escarda.

**Variables agronómicas evaluadas y rendimiento del cultivo de Maíz.** El número de mazorcas se obtuvo a los 110 dds que corresponde a la etapa R6 en donde el cultivo se encuentra en madurez fisiológica y la humedad de grano está en un 35%, cuantificando el número de estas de la parcela

útil, dos surcos centrales 1.5m por 6.6 m de longitud (10 m<sup>2</sup>) de cada tratamiento y su respectiva repetición, se promediaron y posteriormente se obtuvo la cantidad por hectárea.

Longitud y diámetro de mazorca, Para evaluar estas variables se utilizó una regla de 30 cm y un vernier respectivamente y se midieron todas las mazorcas correspondientes a la parcela útil de las unidades experimentales.

Número de hileras y granos por hilera de la mazorca. Estas variables fueron evaluadas contando el número de hileras y granos de una hilera de las mazorcas de las plantas cosechadas correspondientes a la parcela útil de los tratamientos y sus repeticiones. El total de granos por mazorca se estimó a partir del número de granos por hilera multiplicado por el número de hileras.

Rendimiento estimado. Para evaluar el rendimiento de cada tratamiento se tomaron las mazorcas de cada repetición de la parcela útil, se desgranaron y pesaron 100 granos de cada mazorca en una báscula analítica modelo PCE-BT 2000, se promediaron y se ajustó al 15% de humedad, y así estimar el rendimiento en t ha<sup>-1</sup>.

Para todas las variables se realizaron análisis de varianza por tratamiento. Para correr este análisis, se usó el paquete estadístico Statistical Analysis System 9.0 (SAS) Cuando se detectaron diferencias estadísticas, se seleccionó el o los mejores tratamientos utilizando la prueba de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS

**Rendimiento estimado.** Los resultados de los rendimientos obtenidos presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) entre los híbridos evaluados, de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se encontró que los híbridos; Caimán, RX715, Oso y B3O2, son estadísticamente iguales con medias de; 15.848, 15.070, 14.520 y 14.159 t ha<sup>-1</sup> respectivamente y todos a excepción del híbrido B3O2,

son mejores que el híbrido Ocelote con media de 12.37 t ha<sup>-1</sup>, (figura uno) estos rendimientos obtenidos tal vez pueden ser considerados altos debido a que en esta investigación se utilizó una densidad de población alta (111 mil plantas por ha) y la recomendada para producción de grano es de 50 a 60 mil plantas por ha, bajo riego por gravedad (Martínez *et al*, 2007).

**Diámetro de la mazorca.** Los resultados de la variable diámetro de mazorca se presentan en la figura dos, no presento diferencia significativa para ninguno de los híbridos evaluados, obteniendo valores muy similares entre las medias que fueron de: 4.875, 4,808, 4,675, 4.776 y 4.60 cm para los híbridos Caimán, RX715, Oso y B3O2 y Ocelote, respectivamente. Se puede observar que los híbridos Caimán y RX715 presentan los valores más altos a diferencia del híbrido Ocelote que presento el valor más bajo.

**Longitud de mazorca.** Los resultados de longitud de mazorca se presentan en la figura tres, esta variable presento diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) entre los híbridos evaluados, de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se observa que los híbridos Caimán, RX715, Oso y B3O2, son estadísticamente iguales con medias de; 16.28, 14.48, 15.25 y 16.22 cm respectivamente y todos a excepción del híbrido RX715, son mejores que el híbrido Ocelote con media de 12.51 cm.

**Número de hileras, granos por hilera y granos totales por mazorca.** Estos resultados se muestran en la tabla cinco. El número de hileras por mazorca, se puede apreciar que no existió diferencia significativa, presentando valores medios de; 16.16, 15.50, 15.08, 14.83, 14.66. Para los híbridos, Oso, Caimán, Ocelote, B3O2 y RX715, respectivamente. En cuanto al número de granos por hilera y granos totales por mazorca, presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) entre los híbridos evaluados, de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se observa que los híbridos Caimán y B3O2, con media de 36.167 granos por hilera para ambos y 560.58 y 536.46 granos totales por

mazorca, respectivamente, son estadísticamente superiores a los híbridos, Oso, Ocelote y RX715 con medias de; 32.667, 31.750, 31.833 granos por hilera y 528.09, 478.88 y 466.86 granos por mazorca respectivamente.

## DISCUSIÓN

**Rendimiento estimado.** Estudios realizados en la Comarca Lagunera con híbridos de maíz grano muestran que la utilización de altas densidades de planta son una opción para la producción de este, tal es el caso de la investigación realizada por (Olague *et al.* 2006) quienes evaluaron el híbrido Aspros 900 el cual se considera apropiado para siembra de alta densidad (90 mil a 112 mil plantas ha<sup>-1</sup>), por tener un alto rendimiento de forraje seco, proporción de grano y alta precocidad. (Betanzos *et al.* 2009), evaluaron 25 híbridos de maíz grano los rendimientos obtenidos variaron de 9.6 a 10 t ha<sup>-1</sup>. Resultados similares fueron obtenidos por (Camargo *et al.* 2002) y (Aquino *et al.* 2011) que obtuvieron valores medios de rendimiento de 5.8 y 11 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. (Sánchez *et al.* 2011) mencionan que el uso de altas densidades de población en maíz en conjunto con un área foliar grande permiten al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie; debido a que la radiación fotosintéticamente activa al llegar al follaje es mejor aprovechada por el cultivo, las densidades de siembra recomendadas para maíz varían según el objetivo, que puede ser grano, forraje o ambos. Los rendimientos obtenidos fueron altos debido a la alta densidad de población utilizada y tal como lo menciona (Corona *et al.*, 2012) el rendimiento de grano depende del número de granos por unidad de superficie y del peso individual del grano obtenido en la cosecha.

**Diámetro de mazorca.** Estos resultados del diámetro de mazorca son menores a los obtenidos por (Peña *et al.* 2008) que al evaluar el híbrido de doble propósito H-376 y obtuvieron datos que muestran resultados superiores en esta variable que varían de 5 a 6 cm y son similares a los encontrados por Alfaro & Segovia (2009) donde reportan en base a su investigación en el híbrido

amarillo INIA 21 evaluado en dos localidades de los estados Aragua y Yaracuy, Venezuela, un valor medio del diámetro de mazorca de 4.78 cm.

**Longitud de mazorca.** Estos valores son similares a los obtenidos por (Silva *et al.* 2009), quienes realizaron una investigación en cinco líneas de maíz amarillo, encontrando resultados medios de 15.10 cm en longitud de mazorca. (Carrera *et al.* 2006) realizaron un trabajo sobre la respuesta a densidad de población de cruza de maíz tropical y subtropical adaptadas a Valles Altos, los resultados obtenidos para esta variable fueron menores a los obtenidos en esta investigación presentando un valor medio de 14.20 cm.

**Numero de hileras, granos por hilera y granos totales por mazorca.** Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran una tendencia superior a los obtenidos por (Espinosa *et al.* 2013) quienes obtuvieron medias de 14 hileras por mazorca, 27 granos por hilera y 386 granos totales por mazorca en 13 variedades precoces de maíz amarillo en los Valles Altos de México, así como también son superiores a los obtenidos por (Tadeo *et al.* 2012) que realizaron una investigación evaluando forraje y grano de híbridos de maíz amarillo para Valles Altos de México y los resultados fueron de 15 hileras por mazorca, 31 granos por hilera y 465 granos totales.

## **CONCLUSION**

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que el rendimiento obtenido y la longitud de mazorca para los cinco híbridos evaluados fue similar para el híbrido Caimán, RX715, Oso y B302 y el híbrido Ocelote fue el que presentó el valor medio de rendimiento más bajo, por lo que se puede recomendar cualquiera de los cuatro híbridos mencionados debido a que estos presentan valores medios de rendimiento muy superiores a los híbridos que actualmente se explotan en el área de estudio. El número de granos por hilera, los híbridos Caimán y B302 fueron superiores

al resto de los híbridos evaluados y el número total de ganos por mazorca, el híbrido Caimán presentó el valor medio más alto y fue superior al B302, Oso, Ocelote y RX715. Los híbridos evaluados presentaron valores medios muy similares en las variables evaluadas del diámetro de la mazorca y el número de hileras de mazorca.

## LITERATURA CITADA

- Alfaro-Jiménez Y, Segovia-Segovia V (2009) Formación, evaluación y descripción del híbrido simple de maíz (*Zea mays* L.) amarillo INIA 21. Revista UDO Agrícola 9(3): 449-508.
- Aquino-Martínez J. G., Sánchez-Flores A, González-Huerta A, Sánchez-Pale J. R (2011) Resistencia de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a *Sporisorium reilianum* y su rendimiento de grano. Revista Mexicana de Fitopatología 29(1): 39-49.
- Betanzos-Mendoza E, Ramírez-Fonseca A, Coutiño-Estrada B, Espinosa-Paz N, Sierra-Macías M, Zambada-Martínez A, Grajales-Solís M (2009) Híbridos de maíz resistentes a pudrición de mazorca en Chiapas y Veracruz, México. Agricultura Técnica en México 35 (4): 389-398.
- Camargo I, Gordón R, Franco J, González A, Quirós E, Figueroa A (2002) Confiabilidad de nuevos híbridos de maíz, en Panamá. Agronomía Mesoamericana 13 (1): 7-11.
- Carrera-Valtierra J. A, Cervantes-Santana T (2006) Respuesta a densidad de población de cruces de maíz tropical y subtropical adaptadas a Valles Altos. Revista Fitotecnia Mexicana 29 (004): 331-338.
- Carrera-Valtierra J. A, Cervantes-Santana T (2006) Respuesta a densidad de población de cruces de maíz tropical y subtropical adaptadas a Valles Altos. Revista Fitotecnia Mexicana año/vol. 29, numero 004. P. 331-338.
- Corona-Mendoza E, Martínez-Rueda C. G, Estrada-Campuzano G (2012) Determinantes del peso de grano en cultivares nativos e híbridos de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.3 Núm.8 1 de noviembre - 31 de diciembre, p. 1479-1494.
- Castañeda P (2001) El maíz y su cultivo. Editorial AGTE S.A. Primera edición México, D.F. México. Pág. 248, 256.
- Donnet L., López D, Arista J, Carrión F, Hernández V, González A (2012) El potencial de mercado de semillas mejoradas de maíz en México. México. CIMMYT. 30 p.
- Espinoza-Banda A, Gutiérrez-Del Rio E, Palomo-Gil A, Lozano-García J. J, González-Castro M. E (2003) Estimación de los efectos genéticos en híbridos varietales de maíz forrajero. Artículo en proceso de publicación.
- Espinosa-Calderón A, Tadeo-Robledo M, Turrent-Fernández A, Sierra-Macías M, Gómez-Montiel N, Zamudio-González B (2013) Rendimiento de variedades precoces de maíz grano amarillo para valles altos de México. Agronomía Mesoamericana 24 (1):93-99.
- García E (1988) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios S.A. México D.F. p.46-52.
- Martínez-Villa J, Silva-Sáenz R. A, Cuéllar-Villarreal E (2007) Tecnología para producción de grano de maíz bajo riego en el norte y centro de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental

Saltillo. Sitio Experimental Zaragoza. Folleto para Productores Núm. 8. Zaragoza, Coahuila, México. 19 p.

- Olague-Ramírez J, Montemayor-Trejo J. A, Bravo-Sánchez S. R, Fortis-Hernández M, Aldaco-Nuncio R. A, Ruiz-Cerda E (2006) Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial. *Técnica Pecuaria de México* 44 (3): 351-357.
- Peña-Ramos A, González-Castañeda F, Núñez-Hernández G, Preciado-Ortiz R, Terrón-Ibarra A, Luna-Flores M (2008) H-376, híbrido de maíz para producción de forraje y grano en el bajío y la región norte centro de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31 (1): 85-87.
- Peña-Ramos A, González-Castañeda F, Robles-Escobedo F. J (2010) Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.1 Núm.1 1 de enero-31 de marzo, p. 27-35.
- Salvagiotti F (2009) Rendimientos potenciales en maíz. Brechas de producción y prácticas de manejo para reducirlas. *Para mejorar la producción-INTA Oliveros* 41 (Maíz), 61-66.
- Sánchez-Hernández M. A, Aguilar-Martínez C. U, Valenzuela-Jiménez N, Sánchez-Hernández C, Jiménez-Rojas M. C, Villanueva-Verduzco C (2011) Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana* 22 (2):281-295.
- Silva-Díaz W. R, Alfaro-Jiménez Y. J, Jiménez-Aponte R (2009) Evaluación de las características morfológicas y agronómicas de cinco líneas de maíz amarillo en diferentes fechas de siembra. *Revista UDO Agrícola* 9 (4): 743-755.
- Tadeo-Robledo M, Espinosa-Calderón A, Zaragoza-Esparza J, Turrent-Fernández A, Sierra-Macías M, Gómez-Montiel N (2012) Forraje y grano de híbridos de maíz amarillos para Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana* 23(2):281-288.
- Wong-Romero R, Gutiérrez-Del Rio E, Palomo-Gil A, Rodríguez-Herrera S. A, Córdova-Orellana H, Espinoza-Banda A, Lozano-García J. J (2007) Aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en líneas de maíz para grano en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30 (2): 181-189.

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Características del suelo a la profundidad de 0.0-0.30 m del Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ciclo agrícola primavera – verano del 2011.

Característica	Valor obtenido	Unidades	Rango optimo
<u>Físicas</u>			
Textura	Migajón-Arenoso		
Pwcc	31.77	%	
Pwpmp	17.36	%	
Humedad disponible	14.41	%	
Da	1.29	gr cm <sup>3</sup>	1 – 1.9
Densidad de sólidos	2.65	gr cm <sup>3</sup>	
CIC	23	Meq/100gr	25.0 – 50.0
<u>Fertilidad</u>			
pH	7.98		6.5 – 7.5
MO	2.40	%	>3.0
N-NO <sub>3</sub>	13.40	Ppm	>30.0
P	4.20	Ppm	>30.0
K	208.0	Ppm	>170.0
CaCO <sub>3</sub>	13.40	%	<15.0
<u>Salinidad</u>			
CE	2.07	dScm <sup>-1</sup>	2.0 – 8.0
Bicarbonatos	4.35	Meq/lto	
Cloruros	5.11	Meq/lto	

Sulfatos	10.42	Meq/lto	
RAS	2.12		<5.0
PSI	1.83		<10.0

\*Métodos de análisis de acuerdo a: NOM-021-RECNAT-2000

Tabla 2. Características principales de los híbridos de maíz evaluados en el Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ciclo agrícola primavera – verano del 2011.

ORIGEN	DESCRIPCION DE LOS HIBRIDOS
BERESTEN 302	Híbrido intermedio, días a floración 75. Madurez fisiológica a los 145 días, tolerante a acame, enfermedades foliares y pudriciones de raíz y tallo, densidad de siembra de 75 a 85 mil plantas/ha, altura de mazorca 1.40 a 1.50 m, altura de planta 2.30 a 2.50 m, color de grano blanco.
RX715	Híbrido de cruza simple, de madurez precoz, altura de planta de 2.50 a 2.80 m, altura de mazorca de 1.40 a 1.50 m, días a floración 60, días a cosecha de 90 a 95, color de grano amarillo, densidad de siembra forrajera recomendada de 100 a 120 mil plantasha-1. Híbrido doble propósito recomendado para altas densidades de siembra.
CAIMAN	Híbrido de ciclo intermedio-precoz, recomendado para condiciones de riego y buenos temporales. Alta tolerancia a las pudriciones de tallo causado por Fusarium. Rendimientos competitivos contra híbridos de ciclo más largo. Recomendado para siembras en agricultura convencional y de conservación.
OSO	Híbrido de cruza triple, madurez intermedia precoz, altura de planta de 2.20 a 2.80 m. Altura de mazorca: 1.2 a 1.8 m. Días a cosecha de 100 a 110 días. Fechas de siembra del 15 de marzo al 30 de abril y del 01 de junio al 30 de julio. Color de grano blanco. Densidad de siembra forrajera de 80 a 130 mil plantas/ha.
	Cruza triple, precoz, altura de planta de 2.80 a 3.20 m, altura de mazorca

OCELOTE entre 1.70 a 1.90 m, días a floración 60 días, días a cosecha de 90 a 150, color de grano blanco, densidad de siembra 95 mil plantas/ha.

Tabla 3. Características químicas del agua del Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ciclo agrícola primavera – verano del 2011.

Característica	Valor obtenido	Unidades	Rango optimo
Carbonatos	0	Meq/lto	
Bicarbonatos	4.30	Meq/lto	
RAS ajustado	5.47	Meq/lto	
CE	1.07	dScm-1	<5.0
pH	7.89		6.5 – 8.5
Calcio	7.85	Meq/lto	200 ppm
Magnesio	0.86	Meq/lto	125 ppm
Sodio	2.75	Meq/lto	200 ppm
Potasio	0.01	Meq/lto	
RAS	1.32	Meq/lto	
Cloruros	3.15	Meq/lto	250 ppm
Sulfatos	2.28	Meq/lto	400 ppm
Nitratos	7.20	Ppm	10 ppm
Dureza total	435.5	Mg/lto	500 ppm
Alcalinidad total	215	Mg/lto	400 ppm
Solidos totales	1,125	Mg/lto	1000 ppm
Clasificación*	C3S1		

Máximos permitidos por SSA Norma Oficial Mexicana: NOM-127-SSA 1-1994

\*Clasificación de acuerdo al diagrama para clasificación de aguas de riego del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

Tabla 4. Número de hileras por mazorca (Nh), Granos por hilera en la mazorca (Gh), Granos totales por mazorca (Gt) de cinco híbridos evaluados en el Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ciclo agrícola primavera – verano del 2011.

HIBRIDOS	Nh	Gh	Gt
Caimán	15.500 <sup>a</sup>	36.167 <sup>a</sup>	560.58 <sup>a</sup>
B 302	14.833 <sup>a</sup>	36.167 <sup>a</sup>	536.46 <sup>b</sup>
Ocelote	15.083 <sup>a</sup>	31.750 <sup>b</sup>	478.88 <sup>b</sup>
Oso	16.166 <sup>a</sup>	32.667 <sup>b</sup>	528.09 <sup>b</sup>
RX 715	14.666 <sup>a</sup>	31.833 <sup>b</sup>	466.86 <sup>b</sup>

\*Letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales.

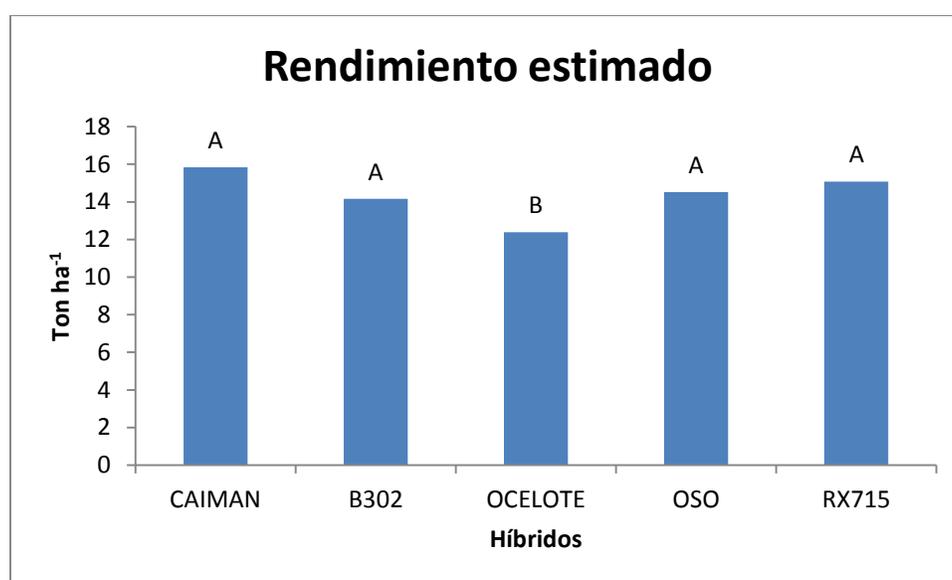


Figura 1. Rendimiento estimado de grano para cinco híbridos de maíz evaluados en el Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ciclo agrícola primavera – verano del 2011.

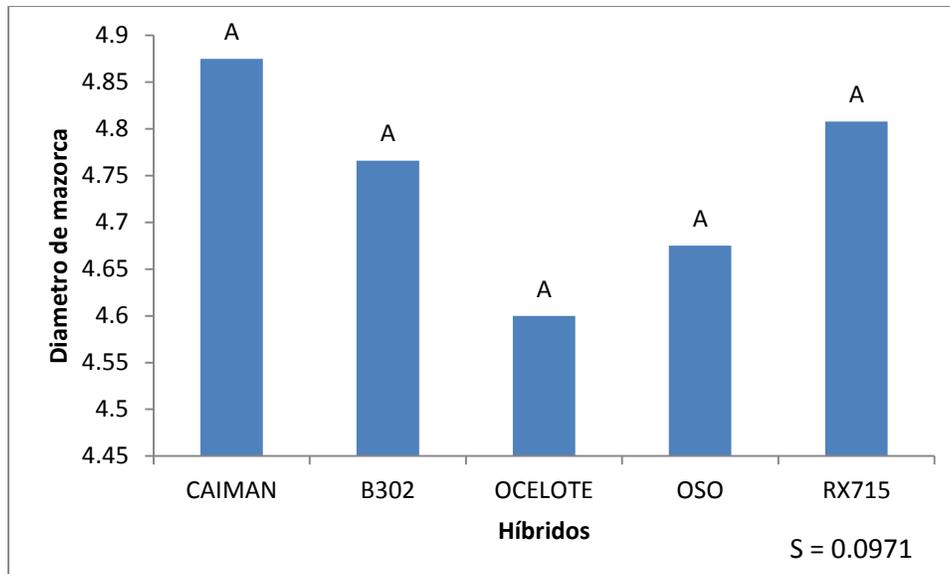


Figura 2. Diámetro de mazorca para los cinco híbridos de maíz evaluados en el Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ciclo agrícola primavera – verano del 2011.

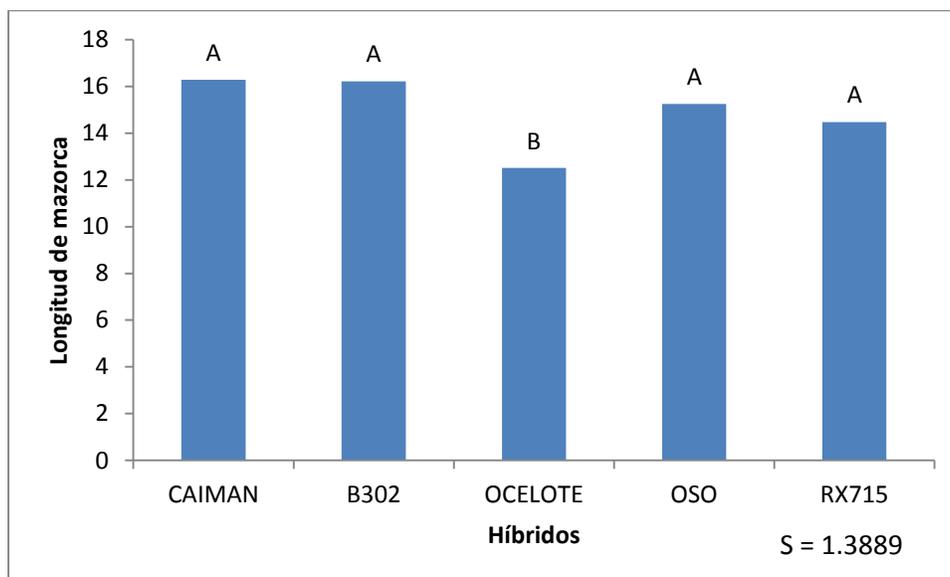


Figura 3. Longitud de mazorca para los cinco híbridos de maíz evaluados en el Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ciclo agrícola primavera – verano del 2011.

## BIBLIOGRAFIA

- Aganga A. A. and Tshwenyane S. O. 2003. *Lucerne lablab* and *Leucaena leucocephala* forages: Production and utilization for livestock production. Pakistan Journal of Nutrition 2: 46-53.
- Arellano H. A. y Ortega P. C. 2002. Caracterización de la Investigación Biotecnológica del Maíz en México: Un enfoque Etnográfico. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe Ciencias Sociales y Humanidades. Vol. XVIII. México, D.F. pp 49-50.
- Canales L. B. 1999. Enzimas-Algas: Posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe Ciencias Sociales y Humanidades. Vol. 17 No. 003. Julio-Septiembre. México. pp 271-276.
- Cantarero M. G., Luque S. F., Rubiolo O. J. 2000. Efecto de la época de siembra y la densidad de plantas sobre el número de granos y el rendimiento de un híbrido de maíz en la región central de Córdoba (Argentina). AGRISCIENTIA, VOL. XVII: 3-10.
- Carrillo A. J. S., Reta S. D. G., Cueto W. J. A. 2002. Híbridos de maíz para producción de forraje en alta densidad de población en la región Lagunera. Memorias de la XIV semana Internacional de Agronomía de la FAZ-UJED. pp. 315-320.
- Castañeda P. 2001. El maíz y su cultivo. Editorial AGTE S.A. Primera edición México, D.F. México. Pág. 248, 256.
- Félix H. R., Sañudo G. R., Martínez R., Olalde P. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. Ra Ximhai.4: 57-67.
- Gómez de la Cruz S. 2014. Producción de melón (*Cucumis melo* L.) con aplicación de ácido húmico y fulvico bajo casa sombra. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Torreón.
- Guerrero C., Espinoza A., Palomo A., Gutiérrez E., Luna J. G., Rodríguez N. 2012. Comportamiento genético y aptitud combinatoria en cruza Simple con líneas élite de maíz, comportamiento genético y aptitud combinatoria en cruza Simple con líneas élite de maíz. Universidad y Ciencia 28(1):65-77.

- López M. J. D., Gallegos R. M., Santos S. J. C., Valdez C. R. D. y Martínez-Rubín E. 2002. Producción de algodón transgénico fertilizado con abonos orgánicos y control de plagas. *Terra* 20: 321-327.
- Peña R. A., González C. F., Robles E. F. J. 2010. Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.1 Núm.1 1 de enero-31 de marzo, p. 27-35
- Ramírez M. R., Borodanenko A., Ochoa A. N., Pérez M. L., Barrera G. J.L., Núñez P. H. G. 2007. Efecto del genotipo, ambiente y ácido húmico en el cultivo *in vitro* de anteras de trigo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, abril-junio, año/vol 30, número 002. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. pp 159-165.
- Salvagiotti, F. 2009. Rendimientos potenciales en maíz. Brechas de producción y prácticas de manejo para reducirlas. Para mejorar la producción-INTA Oliveros 41 (Maíz), 61-66.
- Soltero D. L., Garay L. C., Ruiz C. J. A. 2010. Respuesta en rendimiento de híbridos de maíz a diferentes distancias entre surcos y densidades de plantas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.1 Núm.2 1. p. 149-158.
- Massieu T., Lechuga M. J. 2002. El Maíz en México: Biodiversidad y Cambios en el Consumo. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe Ciencias Sociales y Humanidades. Universidad Autónoma Metropolitana. Vol. XVII. México D.F. pp. 281-284.
- Nadal A., Wise A. T. 2005. Los costos ambientales de la liberación agrícola: El comercio de Maíz entre México y EE. UU. En el marco del NAFTA. *Globalización y Medio Ambiente: Lecciones desde las Américas*. México. pp. 52.
- Rivas J. M. A., Carballo A., Pérez J., Serrano J. G., García Z. A., 2006. Rendimiento y calidad de ensilado de seis genotipos de maíz cosechados en dos estados de madurez. Memoria XVIII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Boca del Río, Veracruz. 463-470 pp.
- Robles S. R., 1983, Producción de granos y forrajes. Cuarta edición. Editorial LIMUSA. México, DF.
- Sánchez H. M. A., Aguilar M. C. U., Valenzuela J. N., Sánchez H. C, Jiménez R. M. C., Villanueva V. C. 2011. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana* 22 (2):281-295.

- Valenzuela Rey J. S., Vázquez V. C., Martínez R. A. 2002, Eficiencia relativa del terreno en la producción de forraje, Memorias de la XIV semana Internacional de Agronomía de la FAZ-UJED. pp. 306-314.
- Vera M. G. I. 2011. Influencia de la sincronización en la floración y la densidad de siembra sobre la producción y calidad fisiológica de la semilla de maíz híbrido INIAP H-601 en la zona de Quevedo. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador.
- Wong R. R., Gutiérrez Del Rio E, Palomo G. A, Rodríguez H. S. A, Córdova O. H., Espinoza B. A., Lozano G. J. J. 2007. Aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en líneas de maíz para grano en la Comarca Lagunera, México. Revista Fitotecnia Mexicana 30 (2): 181-189.