

**PRODUCCIÓN DE TRES HÍBRIDOS DE MAÍZ BAJO RIEGO POR
GOTEO**

MARTINI SEBASTIAN PEÑAIRA

TESIS

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

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**

Asesor principal: Ph.D. Vicente De Paul Alvarez Reyna.

Torreón, Coahuila, México, Junio del 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**PRODUCCIÓN DE TRES HÍBRIDOS DE MAÍZ BAJO RIEGO POR
GOTEO**

TESIS


MARTINI SEBASTIÁN PEÑAIRA

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y
aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Comité particular de asesoría:

Asesor principal



Ph.D. Vicente De Paul Alvarez Reyna

Asesor



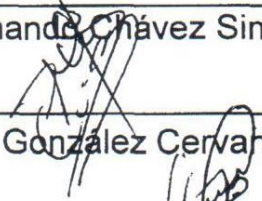
Ph.D. Vicente Hernández Hernández

Asesor

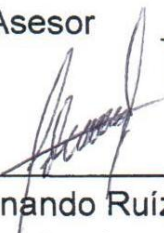


Dr. Jorge Armando Chávez Simental

Asesor



Dr. Guillermo González Cervantes



Dr. Fernando Ruíz Zarate
Subdirector de postgrado



Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del departamento de postgrado

Torreón, Coahuila, México, Junio del 2013

PRODUCCIÓN DE TRES HÍBRIDOS DE MAÍZ BAJO RIEGO POR GOTEO

RESUMEN.

El maíz es el segundo grano de mayor importancia en el mundo con una producción de 868.1 millones de toneladas métricas (MMT) en el 2011 después del trigo. En México es el grano de mayor importancia por formar la base de la alimentación y economía del país ocupando un 35 % de la superficie sembrada en el 2010. La problemática del mundo actual es la escasez de alimento y falta de agua para su producción. En las zonas áridas y semiáridas de México, se enfrenta un problema grave por el agotamiento de los acuíferos y la escasez de lluvia para su recarga. En Coahuila la sobre explotación de los mantos acuíferos, el problema de salinidad y la escasez de lluvia, son actualmente los problemas mas graves en la región. Una gran cantidad de agua se destina a la agricultura el riego en la producción de alimento para ganado como alfalfa y otros forrajes los cuales se riegan mediante un sistema por gravedad, al igual que el nogal.

El objetivo de la siguiente investigación fue evaluar la productividad del agua en híbridos de maíz bajo riego por goteo. El estudio se realizó en el campo experimental de la UAAAN-UL en Torreón, Coahuila, México. La evaluación se realizó en el ciclo primavera-verano 2011 bajo condiciones de riego por goteo. El diseño experimental utilizado fue un bloque al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones con un total de 36 unidades experimentales. El área total fue de 540 m² constituido por 18 surcos de 0.75 m de separación y 40 m de longitud. La siembra se realizo manualmente depositando dos semillas por golpe a una distancia de 0.20 m para obtener una

población aproximada de 133 333 plantas por hectárea. En sistema de riego se utilizó cintilla calibre 5000, cuya distancia entre emisores de 0.20 m con un gasto de 1 l/hr a una presión de 8 psi. En la programación de riego se utilizaron los datos de evaporación registrada diariamente en el tanque evaporímetro tipo A, propiedad de la estación climatológica de la UAAAN-UL. Los tratamientos consistieron en aplicación del 100 (T1), 80 (T2) y 60 (T3) % de la ETP determinado por el método del tanque evaporímetro, y tres híbrido de maíz: Ocelote, NK1863 y 302. Las variables evaluadas fueron altura de planta (m), peso de planta (kg), materia verde (kg), peso seco (kg), longitud (m) y peso de mazorca (kg), número de hileras y peso de grano (kg), además se evaluó la eficiencia en uso de agua, materia verde (kg m^{-3}), peso seco (kg m^{-3}) y peso de grano (kg m^{-3}). El híbrido Ocelote fue el que respondió mejor a las necesidades de agua para la región lagunera; tuvo buena respuesta con 60 % de ETP, con un ahorro de agua del 40 %, esto representa ahorro de agua y a la vez en economía del productor.

Palabras clave: evaporación, rendimiento, eficiencia, agua.

CORN HYBRID THREE PRODUCTION UNDER DRIP IRRIGATION

SUMMARY

Corn is the second most important grain in the world with a production of 868.1 million metric tons (MMT) in 2011 after wheat. In Mexico is the most important grain to constitute the basis of food and economy representing 35% of the area planted in 2010. Actually a problem in the world is the scarcity of food and water scarcity for their production. The arid and semiarid areas of Mexico have a serious problem by the depletion of aquifers and the scarcity of rainfall for recharge. The over exploitation of aquifers, salinity and low rainfall, are currently the most serious problems in the Coahuila. A large amount of water is used for the irrigation agriculture in the production of livestock feed as alfalfa and other forages which are irrigated by surface irrigation, as the pecan.

The objective of the research was to evaluate the water productivity on corn hybrids under drip irrigation. The study was conducted at the experimental station of the UL UAAAN – UL in Torreon, Coahuila, México. The evaluation was conducted during the spring-summer 2011 under drip irrigation system. The experimental design used was a randomized block with split plot arrangement and four replications with a total of 36 experimental units. The total area was of 540 m² constituted of 18 grooves of 0.75 m apart and 40 meters in length. The sowing was done manually depositing two seeds per hole at a distance of 0.20 m to obtain an approximate population of 133 333 plants per hectare. The irrigation system use an irrigation tape 5000, with a distance between emitters established of 0.20 m and a flow of 1 l/hr at a pressure of 8

psi. The irrigation scheduling applied was evaporation according data recorded daily from pan evaporation in type A, located at the climatological station UAAAN-UL. The treatments consisted of the application of 100 (T1), 80 (T2) and 60 (T3) % of the ETP determined by the tank evaporation method, and three corn hybrid: Ocelot, NK1863 and 302. The variables evaluated were plant height (m), plant weight (kg), fresh matter (kg), dry weight (kg), length (m) and corncob weight (kg), number of rows and grain weight (kg). Additionally was evaluated the water an efficiency, green matter (kg m^{-3}), dry weight (kg m^{-3}) and grain weight (kg m^{-3}). The hybrid Ocelot was the one who responded to the needs of water to the Laguna area; had good response with 60% of ETP, with water saving of 40%, this respect to water saving in the producer economy.

Key words: evaporation, performance, efficiency, water.

AGRADECIMIENTOS.

Al consejo nacional de ciencia y tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para ser posible esta maestría.

Al postgrado de ciencias agrarias de la UAAAN-UL por aceptarme como alumno y mejorar mi preparación académica.

A DIOS, por permitirme lograr un sueño más en la vida.

Al Ph.D. Vicente De Paul Álvarez por ser mi asesor de tesis y brindarme su apoyo incondicional.

Al Ph.D. Vicente Hernández por ser mi maestro y asesor en la tesis.

Al Dr. Guillermo por su apoyo en la revisión de la tesis y por ser parte de mis asesores.

Al Dr. Jorge A. Chávez por su apoyo en la investigación, sus comentarios y observación en la revisión de la investigación.

Al Ph.D. Pedro Cano por ser mi maestro y amigo durante mi estancia en la maestría.

A Esther por su apoyo incondicional durante mi permanencia en la maestría.

A mis compañeros del C. B. T. a. No. 178 por otorgarme el permiso para seguir preparándome.

DEDICATORIA.

A mi madre Reyna Peñaira por darme la vida, por su confianza y apoyo incondicional, gracias madre.

A mis hermanos Cipriano, Verónica y Crescencia por su confianza y apoyo incondicional.

A Esteban Regino por darme todo el apoyo desde los comienzos de mis estudios, Dios lo tenga en su gloria, gracias por todo.

A mi padre por darme la vida, que Dios lo tenga en su gloria, gracias.

A mis sobrinos Daniel, Juan, Héctor, Teresa, Crescencia, Elidia, Martina, Javier, Abad, Efrén, Oscar, Guadalupe, Cecilia, Verónica, Beatriz y Rosa Elia.

A mis primos Esteban, Marcelino y Joaquín.

A mis compañeros y amigos, Juana, Jaime Luis, Fernando, Sergio, Daniel René, Atanasio, Luis Manuel, Julio Cesar, Gonzalo, Roberto (†), Marciano (†), Salvador, Enoe, Eloy, Magali, Everardo, Freddy, Dridden, Edith, Nelly, Ángel, Romualdo, Celestina, Francisca y María del Carmen, del C. B. T. a. No. 178 por su apoyo incondicional.

A mi amiga Mónica E. González Castro por su apoyo incondicional en momentos difíciles.

A mis compañeros y amigos de la maestría.

ÍNDICE

	PAG.
INTRODUCCIÓN.....	1
HIPÓTESIS:	3
OBJETIVO.....	3
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.	4
2.1 Aspectos generales del cultivo.....	4
2.1.1 Centro de origen.	4
2.1.2 Clasificación botánica.	5
2.1.3. Producción mundial.	5
2.1.4. Producción en México.....	5
2.1.5. Importancia económica del cultivo.	6
2.1.6. Importancia nutricional del cultivo.	7
2.2. Fenología del cultivo.	7
2.2.1. Raíz.....	7
2.2.1. Tallo.....	8
2.2.2. Hoja.....	8
2.2.3. Flor.	9
2.2.4. Fruto.	9
2.3. Requerimiento climático y edáfico del cultivo.....	10
2.3.1. Temperatura.	10
2.3.2. Suelo.	11
2.3.4. Humedad.	11
2.4. Requerimiento nutricional del cultivo.....	11
2.4.1. Nitrógeno.	11

2.4.2. Fosforo.....	12
2.4.3. Potasio.....	13
2.5. Manejo agronómico.....	13
2.5.1. Control de plagas y enfermedades.....	13
A). Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i> S).....	13
B). Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i> K).....	14
C). Mancha ocular (<i>Kabatiella zaeae</i>).....	14
D). Pudrición del tallo de maíz (<i>Erwinia chrysanthemi</i> pv <i>zaeae</i>).....	15
2.5.2. Control de maleza.....	16
2.6. Requerimiento de agua.....	16
2.6.1. Efecto del requerimiento de agua en el cultivo.....	17
2.7. Uso del riego por goteo en los cultivos.....	19
ARTICULO. PRODUCCIÓN DE MAÍZ GRANO DIFERENCIALMENTE IRRIGADO ...	21
LITERATURA CITADA.....	38

INTRODUCCIÓN.

Un factor determinante en la producción de alimento son los efectos del cambio climático, por lo que la alimentación es cada vez más crítica a nivel mundial. Con ésta problemática el costo del alimento aumenta y cada vez hay mas personas con escasez de alimento. El maíz es un cereal secundario de mayor importancia en el mundo, sin embargo en México es la base de la alimentación, teniendo una importancia económica y política (FAO, 2010).

En la actualidad el problema disponibilidad de agua se agrava cada vez más, ya que es un recurso natural imprescindible, el cual es requerido en mayor volumen en función al crecimiento de las poblaciones urbanas y cada vez resulta más escaso. En zonas áridas y semiáridas de algunos países incluyendo México, la escasa lluvia que se presenta en esas regiones hace que se agrave más el asunto del agua, debido a que la única fuente de agua con que cuentan es la del subsuelo. La explosión demográfica y mala utilización del agua han provocado en mayor medida que este recurso sea cada vez más escaso. Se estima que los 6000 millones de habitantes del mundo, hemos consumido el 54 % de la cantidad disponible del agua dulce de los ríos, lagos y acuíferos subterráneos (CNA, 2007).

El aprovechamiento del agua en la Región Lagunera es deficiente en el sector agrícola debido, entre otras cosas, a la falta de conocimiento por parte de los agricultores de las nuevas tecnologías de riego, ya que no tienen una percepción clara de la problemática que representa la escasez de agua en esta región, lo que explica la ausencia de una cultura de ahorro y uso eficiente del

agua (Fortis *et al.*, 2002). La falta de agua causa una reducción promedio de aproximadamente el 17% en el rendimiento de maíz (Lafitte y Edmeades, 1995).

La magnitud de la pérdida de rendimiento depende de la oportunidad, intensidad y duración del estrés, y se manifiesta a través de la disminución del número de espigas por planta y de un menor número de granos por espiga (Andrade *et al.*, 1996). Se ha demostrado que la sensibilidad del cultivo de maíz al déficit hídrico declina en el siguiente orden: floración - llenado de grano - estado vegetativo (Rhoads y Bennett, 1990). La ocurrencia de deficiencia hídrica severa durante la floración produce importantes reducciones en el rendimiento, el periodo comprende entre los 15 días antes y 21 días después de la floración, de manera que es necesario evitar la coincidencia de la sequia con los momentos de máxima demanda hídrica del cultivo de maíz (Andrade *et al.*, 1996; Rhoads y Bennett, 1990; Doorenbos y Kassam, 1979).

La utilización de riego por goteo es cada vez mas adecuado, ya que ayuda a reducir el estrés de la planta, y la eficiencia de aplicación puede ser alta al disminuir la pérdida de agua (Bralts *et al.*, 1987).

OBJETIVO.

Evaluar la productividad del agua en híbridos de maíz bajo riego por goteo.

HIPÓTESIS:

La productividad de agua en los híbridos de maíz es similar.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Aspectos generales del cultivo.

2.1.1 Centro de origen.

La planta de maíz se deriva del teocinte (*Zea mays* spp mexicana) una antigua forma salvaje de maíz nativo, ahora extinta en las alturas de México o Guatemala a través de mutaciones y por selección natural, que crece de manera silvestre en Mesoamérica (Weatherwax, 1955; Mangelsdorf 1974).

Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas domesticada por los agricultores hace 7000 y 1500 AP (MacNeish, 1967). Existen estudios en México en el que esta pequeña mazorca, encontrada en cuevas de la región árida de Tehuacán, fueron fechadas, por análisis de carbono radioactivo, alrededor de 5000 años A.C. Como resultado, el maíz es una especie que presenta varios centros de diversificación que va desde México hasta el Sur de América (Benz, 2001; Piperno y Flannery, 2001). La difusión del maíz a partir de su centro de origen en México a varias partes del mundo ha sido tan notable y rápida como su evolución a planta cultivada y productora de alimentos. Los habitantes de varias tribus indígenas de América Central y México llevaron esta planta a otras regiones de América Latina, el Caribe y después a Estados Unidos de América y Canadá. Los exploradores europeos llevaron el maíz a Europa y posteriormente los comerciantes lo llevaron a Asia y África.

2.1.2 Clasificación botánica.

Según Terán (2008), la clasificación botánica del maíz es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae

Género: *Zea*

Especie: *mayz*

Nombres Comunes: Maíz, morochillo.

Nombre científico: *Zea mayz* L.

2.1.3. Producción mundial.

La producción de maíz fue de 854.1 millones de toneladas métricas (MMT) en el 2012 - 2013, la cual disminuyó un 3.2 % comparado con la producción de 882.7 MMT en el 2011 - 2012; pero la demanda es de 867.8 MMT disminuyendo un 1.3 % comparado con la demanda de la temporada pasada que fue de 879.6 MMT (USDA, 2013).

2.1.4. Producción en México.

El maíz es el cultivo más importante en México ya que ocupa un 35% de la superficie sembrada en el ciclo 2010, la producción en el periodo 2010 – 2011 alcanzó una producción de 21.06 MMT, y en 2011 – 2012 se fue a la baja con una producción de 18.73 MMT, y en el periodo 2012 – 2013 alcanzo una

producción de 21.50 MMT (USDA, 2013). La producción se clasifica en 5.4 MMT para autoconsumo, 11.9 MMT en comercializado, 2.4 MMT pecuario y el resto para semilla u otros usos (SFA SAGARPA, 2011).

2.1.5. Importancia económica del cultivo.

Desde la época pre-colombiana para los pobladores el maíz tenía diferente uso. El grano, hoja, tallo y espiga del maíz, se utilizan con diferentes propósitos. Toda la parte de la planta, incluyendo raíces y horcones, sirve como abono o combustible. La caña se utiliza en la construcción, se le utiliza como medicina; ha servido de envoltura, abono, combustible y bebida refrescante o embriagante. La hoja sirve como envoltura de tamal, por muchos años los cigarros venían envueltos en hoja de totemoxtle. El olote, corazón de la mazorca, se emplea como combustible y alimento para animales. El maíz también se emplea con propósitos medicinales, para curar diversos males del cuerpo y del alma. En fin, sus usos tradicionales parecerían infinitos (Esteve, 2003).

Actualmente la industria utiliza el maíz como forraje en la alimentación de grandes hatos, y en la obtención de compuestos químicos que son comercializados en alimentos, medicinas y cosméticos: miel, azúcar, dextrosa, almidón, aceite, color caramelo, dextrina, malto dextrina, ácido láctico, sorbitol, y etanol (Esteve, 2003).

El maíz es uno de los cultivos mas importantes en la producción de etanol para biocombustible; en EUA para producir 10.6 billones litros, se utilizan 3.3 millones de hectáreas de tierras, el cual solo representa el 2% de la gasolina

que se utiliza en ese país; esto representa un problema ya que en varios países el maíz es un alimento básico (Pimentel, 2003). La producción de biocombustible también afecta directamente a los consumidores con el aumento del costo de grano; esta situación de biocombustible llevara a los países productores de maíz a monocultivos energéticos (Bravo, 2006).

2.1.6. Importancia nutricional del cultivo.

El maíz contiene alto valor nutritivo como fuente de energía, por su alto contenido de carbohidratos, pero no posee suficientes proteínas, tanto en cantidad como en calidad, por ser incompleto en dos aminoácidos esenciales: lisina y triptófano; además, es insuficiente en niacina y minerales, excepto en calcio por la forma de industrializar la harina nixtamalizada (Reyes, 1990).

2.2. Fenología del cultivo.

2.2.1. Raíz

Las raíces seminales se desarrollan a partir de la radícula de la semilla a la profundidad a la que ha sido sembrada. Un grupo de raíces adventicias se desarrolla a partir de cada nudo sucesivo hasta llegar a entre siete y diez nudos, todos debajo de la superficie del suelo. El sistema de raíces adventicias seminales constituye cerca del 52% y que el sistema de nudos de las raíces es el 48% de la masa total de raíces de la planta de maíz (Mistrik & Mistrikova, 1995)

Las raíces adventicias se desarrollan en una red espesa de raíces fibrosas. El sistema de raíces adventicias es el principal sistema de fijación de la planta y además absorbe agua y nutrimentos. Algunas raíces adventicias o raíces de anclaje emergen a dos o tres nudos por encima de la superficie del suelo; en algunos cultivares de maíz también se pueden desarrollar en un número mayor de nudos. La principal función de estas raíces es mantener la planta erecta y evitar su vuelco en condiciones normales (Feldman, 1994).

2.2.1. Tallo.

El tallo tiene aspecto de caña, con los entrenudos rellenos de una médula esponjosa, erecto, sin ramificaciones y de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura. El maíz tiene escasa capacidad de ahijamiento, de hecho la aparición de algún hijo es un efecto no deseado que perjudica la capacidad productiva. El tallo consiste de cuatro estructuras básicas: los internudos, hojas, profilo y yema o meristemo apical, que colectivamente son conocidas como el fitómero. El número de fitómeros producido durante la fase vegetativa del desarrollo es regulada tanto por factores genéticos como ambientales (Galinat, 1959 y Poething, 1994).

2.2.2. Hoja.

Las hojas son alternas, paralelinervias y provistas de vaina que nace de cada nudo (gramínea). El número de hojas depende de la variedad y del ciclo, de la época de siembra, etc., aunque podrían llegar hasta 30, lo normal en nuestras condiciones es que haya un máximo de 15 hojas. El número de hojas

está relacionado con el potencial de producción, una de las funciones de las hojas de las plantas es interceptar la radiación solar necesaria para la fotosíntesis, esto lleva a que las plantas tengan buena producción de materia seca (Monteith y Unsworth, 1990).

2.2.3. Flor.

El maíz es una planta monoica, tiene flores masculinas y femeninas separadas pero en el mismo pie. La flor masculina tiene forma de panícula y está situada en la parte superior de la planta. La flor femenina, la futura mazorca, se sitúa a media altura de la planta, crece a partir de las yemas apicales en las axilas de las hojas. Inicialmente, ambas inflorescencias tienen primordios de flores bisexuales; durante el proceso de desarrollo los primordios de los estambres en la inflorescencia axilar abortan y quedan así solo las inflorescencias femeninas. Del mismo modo, los primordios de gineceos en la inflorescencia apical abortan y quedan entonces solo inflorescencias masculinas (Dellaporta y Calderón-Urrea, 1994). La flor está compuesta en realidad por numerosas flores dispuestas en una ramificación lateral, cilíndrica y envuelta por falsas hojas, brácteas o espatas. Los estilos de cada flor sobresalen de las brácteas formando las sedas. Cada flor fecundada formará un grano que estará agrupado en torno a un eje grueso o zulo (Ortas, 2008).

2.2.4. Fruto.

El grano o fruto del maíz es un cariopse. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas

conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endospermo triploide. La estructura del endospermo del maíz es muy variable y le da al grano distintas apariencias (Esaú, 1977; Ritchie y Hanway, 1992).

2.3. Requerimiento climático y edáfico del cultivo.

El maíz se cultiva en diferentes regiones y países del mundo, que van de altitudes de 0 m hasta cerca de los 4,000 m, se cultiva desde el ecuador hasta altas latitudes en los dos hemisferios, se siembra en regiones de precipitación pluvial de menos de 400 mm hasta los 3,000 mm, en suelo y clima muy variable (Roberts *et al.* 1957; Ortega-Paczka, 2003).

2.3.1. Temperatura.

El maíz exige un clima cálido, para la germinación. La temperatura media diurna mínima debe estar a no menos de 10 °C, siendo la óptima entre 18 a 20 °C. El crecimiento requiere una temperatura entre 15 a 40 °C, siendo la óptima 20 a 30 °C. La floración requiere de 20 a 30 °C, siendo la óptima 21 a 30 °C. La mejor producción se logra en clima en donde la temperatura media en los meses calurosos varía entre 21 y 27°C, con un periodo libre de helada en el ciclo agrícola variable de 120 a 180 días (INTA, 2009). El maíz llega a soportar temperatura mínima de hasta 8 °C. A partir de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua.

2.3.2. Suelo.

El maíz es un cultivo que necesita suelo estructurado, fértil y profundo que permita el desarrollo de las raíces, eviten el encharcamiento siendo al mismo tiempo capaces de almacenar agua, y que permita un aprovechamiento óptimo de los nutrientes; puede desarrollarse en suelo de textura media como franco y franco arcillo-arenoso, adaptándose bien a todo tipo de suelo (Reyes, 1990).

2.3.4. Humedad.

Para un buen desarrollo de la planta de maíz se requiere de 550 a 650 mm de lluvia, si el suelo está a capacidad de campo al momento de la siembra, solo serán necesarios 350 a 650 mm de lluvia bien distribuido durante el ciclo, a un que en algunas regiones lluviosas puede alcanzar hasta 1000 mm de lluvia; la humedad óptima en el suelo para un buen desarrollo debe ser de 60 a 70 % de capacidad de campo (INTA, 2009)

2.4. Requerimiento nutricional del cultivo.

El maíz extrae cantidades importantes de elementos como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K).

2.4.1. Nitrógeno.

El nitrógeno en la planta es esencial para el crecimiento ya que forma parte de cada célula viva. La planta absorbe el nitrógeno en forma de iones amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-) y algo en forma de urea y aminoácidos solubles por el follaje. En caso de deficiencia la planta se torna de un color amarillento

ya que se le dificulta la síntesis de clorofila (INPOFOS, 1997). Además la deficiencia de nitrógeno es importante en el estado de diez hojas a floración, provoca una disminución del número de hojas por planta y, consecuentemente, la superficie foliar hasta un 30 % (Plénet, 1995).

El maíz requiere grandes cantidades de N, lo que comúnmente, limita el crecimiento y rendimiento. Además de incrementar el rendimiento, el N es un nutriente clave en la formación de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos, lo que es fundamental en todo tipo de funciones metabólicas. Cuando la provisión de N es sub-óptima, el crecimiento es reducido (Marschner, 1986).

2.4.2. Fosforo.

Los cultivos toman el fósforo soluble del suelo en forma de fosfato (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}), este elemento depende mucho del pH para que sea aprovechado, su deficiencia se nota principalmente en las hoja vieja por su movilidad a la parte apical, fruto y semilla. Los síntomas de deficiencia son el enrojecimiento del follaje más viejo, hoja distorsionada y puede retardar la madurez del cultivo (INPOFOS, 1997).

La planta deficiente de fósforo es de crecimiento lento y a menudo enana a la madurez, un gran número de plantas afectadas por deficiencia fosfórica presentan un sistema radicular raquíticamente desarrollado, acompañado de síntomas generales de perturbación en su crecimiento. La hoja y tallo de la planta deficiente son frecuentemente pequeñas, muestran una coloración verde-rojiza, café-rojiza, purpúrea o bronceada. La floración en la madurez es retardada permaneciendo pequeñas así como la semilla y los frutos. El exceso

de fósforo puede acelerar unilateralmente la madurez a costo del crecimiento vegetativo. Además de ello, la deficiencia de elementos menores (particularmente zinc y hierro) han sido atribuidas en ciertos casos a un exceso de fosfatos que origina depresiones en el rendimiento (Jacob; Kull, 1964).

2.4.3. Potasio.

El potasio es absorbido por la planta de forma iónica (K^+) a diferencia del N y P que forman compuestos orgánicos. El K_2O tiene como funciones la síntesis de proteínas; control del balance iónico; activa sistemas enzimáticos del metabolismo de las plantas; es importante en la formación de los frutos, ayuda a resistir heladas y ataque de enfermedades.

En caso de deficiencia los síntomas son marchitamiento y quemaduras del borde de la hoja, además el crecimiento es lento, mal desarrollo radicular y tallos débiles por consiguiente acame. La semilla es de mala calidad y muy pequeña (INPOFOS, 1997).

2.5. Manejo agronómico.

2.5.1. Control de plagas y enfermedades.

A). Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* S).

Plaga más importante del maíz, afecta al cultivo desde que emerge hasta que alcanza una altura de 50 cm, el gusano se albergan en el cogollo de la planta del cual se alimentan causando daño a la hoja que posteriormente emergerán reduciendo el rendimiento del cultivo (Medina *et al.*, 2007). Los

insecticidas recomendados son el endosulfan, malation, cloropirifos, metomilo y metamidofos en dosis de 0.3 a 0.4 l/ha, también los hay en presentaciones granuladas las cuales se aplican al cogollo con un salero.

B). Araña roja (*Tetranychus urticae* K).

Es un ácaro que vive en el envés de la hoja y se alimenta de la savia causando manchas amarillentas que van extendiéndose hasta cubrirla por completo. Este ácaro ataca al cultivo durante las épocas más calientes y secas del ciclo del cultivo e inicia su ataque en las hojas inferiores de la planta. El control de la araña roja se lleva a cabo con insecticidas sistémicos como oxidemeton metilo (0.4 kg de i.a/ha), ometoato (0.42 kg de i.a/ha) y dimetoato (0.25 kg de i.a/ha). El criterio para iniciar el control es cuando aparecen las primeras colonias de la plaga en las hojas inferiores (Flores *et al.*, 2010).

C). Mancha ocular (*Kabatiella zaeae*).

La mancha ocular del maíz es el principal problema sanitario asociado a residuos en la superficie. Las hojas más viejas son las más susceptibles y usualmente comienza desde las hojas inferiores y se disemina a las hojas superiores, sin embargo es posible observar lesiones distribuidas al azar en las hojas superiores (Robertson, 2009).

El hongo es específico del maíz y no se conocen otros hospedantes. Los síntomas son manchas pequeñas, translúcidas, húmedas, circulares a ovales (1 - 5 mm de diámetro) con un halo amarillento. Ocasionalmente se unen formando lesiones oscuras para constituir finalmente grandes áreas necróticas,

con un secado anticipado de las hojas de toda la planta. Inicialmente las lesiones son de tipo acuoso, luego toman una coloración castaño claro central, rodeada por un anillo de color marrón, púrpura o negro con un halo amarillo y apariencia de ojo y observadas a contra luz presentan un centro más oscuro con centro más claro. Los síntomas también se presentan en vainas foliares, tallo, hoja de la espiga y espiga, muy marcados en las hojas superiores de plantas próximas a madurez (CIMMYT, 2004; CAI, 2005; Formento & Vicentin, 2005; Dos Santos *et al.*, 2007).

La pérdida de rendimiento ocasionada por la mancha ocular del maíz alcanza 72% en EE.UU y hasta 50 % en Francia (Reifschneider y Arny, 1983).

Para determinar la utilización del control químico es necesario conocer la presión de enfermedad en el campo, la susceptibilidad del híbrido, condiciones favorables durante el llenado de grano (Robertson, 2009).

D). Pudrición del tallo de maíz (*Erwinia chrysanthemi* pv *zear*).

Esta enfermedad es causada por una bacteria, enfermedad que prolifera mas en condiciones de alta temperatura y humedad, principalmente se presenta después de una lluvia o después de un riego (CABI, 2007). La infección es mediante la invasión de tejido foliar o a través de heridas naturales en raíces, provocando infección que avanza lentamente. Los síntomas que se manifiestan es muerte prematura y marchitez en las puntas de las hojas superiores, seguida por hojas inferiores, la pudrición puede ser de la punta hacia abajo o viceversa. En plantas jóvenes el síntoma característico que permite identificar esta enfermedad es la presencia de plantas con cogollos amarillos, los cuales

pueden ser fácilmente desprendidos del tallo. El tejido de la base del cogollo es blando, de color crema y con mal olor (Prasad y Sinha, 1977).

2.5.2. Control de maleza.

La maleza en general es una asociación o mezcla de diversas especies que compiten con el maíz, son plantas que van a estar compitiendo por agua, luz, nutriente y bióxido de carbono, por lo tanto la cantidad y calidad de la producción disminuirá. Para combatir la maleza es importante establecer o determinar el periodo crítico de competencia, que es cuando el ciclo de crecimiento del cultivo ocasiona un mayor daño económico. La maleza reduce un 75% el rendimiento, además de que retarda el desarrollo normal del cultivo hasta 3 cm día⁻¹, además de que son plantas hospederas para plagas que atacan al maíz. Su control puede ser con labores culturales o con algún agroquímico (herbicida), para un buen control de la maleza se debe de controlar antes de que tengan semilla, ya que en esa etapa se puede romper el ciclo. En el control químico se puede aplicar Glifosato al 1.0 – 2.0 L ha⁻¹ o Paraquat al 1.0 - 1.50 L ha⁻¹ (INTA, 2009).

2.6. Requerimiento de agua.

Un cultivo de maíz bien irrigado transpira cerca de 350 gramos de agua por cada gramo de materia seca producida (Hay y Walker, 1989). Solo una fracción de la materia seca producida forma el grano, lo que significa que un cultivo con buena disponibilidad de agua usa alrededor de 800 a 1000 gramos de agua por cada gramo de grano producido.

El bióxido de carbono ingresa en la hoja a través de la abertura de estomas que usa el agua para salir, existe una buena relación entre la cantidad de agua transpirada y materia seca producida por el cultivo. Los factores ambientales afectan el grado de apertura de estomas y pueden restringir la pérdida de agua por el cultivo. Un cultivo de maíz que transpire libremente, transpira alrededor del 80 al 90% de la evaporación potencial, la que ocurre a causa de la radiación ambiental, temperatura y humedad relativa. Bajo esas condiciones, la temperatura de la hoja es generalmente algo más baja que la temperatura del aire y el uso de agua por unidad de superficie de transpiración de la hoja es determinada por el balance de energía de la superficie del cultivo. Cuando la transpiración es limitada por el cierre de los estomas, el cultivo se desconecta del ambiente y la temperatura de las hojas aumenta, lo que puede tener efectos dañinos en el metabolismo del cultivo (Jones, 1993).

2.6.1. Efecto del requerimiento de agua en el cultivo.

La sequía restringe la fotosíntesis tanto por limitaciones en estomas o por limitaciones bioquímicas. La señal directa para el cierre de estoma no se conoce claramente aún, pero los datos obtenidos con la aplicación de un modelo reciente que incorpora señales hormonales de las raíces ácido abscísico en la corriente del xilema y predice cambios en la demanda evaporativa de la conductividad estomatal y en el contenido de agua de la hoja, son consistentes con los datos observados en el maíz (Tardieu y Davis, 1993).

Los mecanismos fisiológicos que pueden reducir el impacto de las sequías al inicio de la temporada son los ajustes osmóticos en las plántulas los cuales

permiten un continuo ingreso de agua del suelo seco y mantienen la turgencia y una más profunda penetración de las raíces que permite la explotación de un mayor volumen de agua del suelo. La sequía no es letal durante el período vegetativo tiende a disminuir el área foliar y desarrollo acelerando la senescencia de la hoja. La sequía cercana a la época de floración tiene efecto sobre el rendimiento, aparentemente porque reduce la formación de reservas. El número de grano por planta puede reducirse a causa de dificultades en la polinización o porque los óvulos fertilizados detienen su crecimiento (Westgate, 1994).

El crecimiento de los estambres es sensible al contenido de agua de la planta y su emergencia se demora con la sequía; si la polinización ocurre en plantas bajo estrés hídrico en los cuatro primeros días de la emergencia de los estambres, un bajo contenido de agua de las mazorcas conduce al aborto de los cigotos recién formados. Bajo condiciones de sequía en el campo, la causa más común de una escasa formación de granos parece ser el aborto de los óvulos polinizados. El aborto ocurre aparentemente porque el flujo de sustancias asimiladas de la corriente fotosintética al grano en desarrollo es inadecuado, aun cuando los niveles de carbón reducido y nitrógeno están presentes en los tejidos vegetativos. El bajo contenido de agua del ovario parece afectar la viabilidad de cada grano en desarrollo para actuar como un depósito efectivo, aun si el número de granos por mazorca se reduce (Zinselmeier, Westgate y Jones, 1995). La sequía o la alta temperatura durante las primeras etapas del crecimiento del grano aumentan la concentración de

ácido abscísico en el endospermo y esto puede reducir el número de células espermáticas y de granos de almidón iniciados.

2.7. Uso del riego por goteo en los cultivos.

La problemática del agua a nivel mundial y la necesidad de alimento han generado la utilización racional del agua, sin embargo la producción agrícola por exigencia de la economía de mercado, necesita asegurar rendimientos mínimos para ser una actividad viable y el riego se hace cada vez más imprescindible para obtener una producción regular. La utilización de riego por goteo permite incrementar fuertemente la eficiencia en uso de agua en los cultivos, además el riego es la única forma de reducir el estrés hídrico en las plantas ya que con la escasez de agua en la zonas áridas y semiáridas el riego por goteo es el mejor sobre otros riegos como gravedad y aspersión (Medrano *et al.* 2007).

Lo que hace eficiente el riego por goteo comparado con otros métodos, es que el agua llega directamente a la zona de la raíz, por lo tanto hay mayor eficiencia de aplicación, menor pérdida por evaporación y percolación comparándolo con aspersión y gravedad; además de que la fertilización se hace por medio del mismo sistema (Delphine *et al.*, 2005).

Los incrementos de rendimiento y mayor eficiencia en el uso del agua encontrados al compararlo con el riego por gravedad y aspersión lo sitúan como uno de los sistemas de riego del futuro en los países con escasez de agua. Lo mejor de todo es que el riego por goteo y cultivo sin labranza, ayudan

a recuperar el suelo y fomentan la reproducción de la vida silvestre al mantener la superficie del suelo seca (INIFAP, 2004).

El riego por goteo sub-superficial presento un 27.4 % de ahorro de agua comparado con el riego superficial en cultivo de maíz forrajero, ya que en el riego por gravedad hay mayor perdida de agua (Montemayor *et al.*, 2007).

ARTICULO. PRODUCCIÓN DE MAÍZ GRANO DIFERENCIALMENTE IRRIGADO

CORN GRAIN PRODUCTION DIFFERENTIALLY IRRIGATED

Martini Sebastián Peñaira¹, Vicente De Paul Álvarez Reyna^{2*}, Vicente Hernández Hernández², Jorge Armando Chávez Simental³, Guillermo González Cervantes⁴.

¹Alumno de Posgrado en Ciencias Agrarias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Periférico Raúl López Sánchez km. 2, CP. 27000. Torreón Coahuila, México. Correo electrónico: sebastian_016@hotmail.com

²Profesor - Investigador. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Periférico Raúl López Sánchez km. 2, CP. 27000. Torreón Coahuila, México. *Autor para correspondencia: vdpar_190754@hotmail.com

³Profesor-Investigador. Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Universidad Juárez del Estado de Durango. Blvd del Guadiana 501, Fracc. Cd. Universitaria C.P. 34120, Durango, Dgo. México. Correo electrónico: jorge.chavez@ujed.mx

⁴CENID-RASPA - INIFAP. km 6.5 margen derecha Canal Sacramento 35140 Gómez Palacio, Dgo. AP 41, 35150 Cd. Lerdo Dgo, México. Correo electrónico: gonzalez.guillermo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El experimento se realizó con el objetivo de evaluar el desarrollo vegetativo y rendimiento en maíz grano de tres híbridos (Ocelote, NK1863 y 302), bajo diferentes niveles de evapotranspiración (100, 80 y 60 %) con riego por goteo en la comarca Lagunera. En el estudio se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones. Las parcelas mayores fueron niveles de evapotranspiración y las parcelas menores fueron los híbridos. Se evaluó el crecimiento (altura de planta, peso de planta, materia verde y peso seco) y rendimiento (longitud y peso de mazorca, número de hilera y peso de grano). También se evaluó la eficiencia en uso de agua, materia verde (kg m^{-3}), materia seca (kg m^{-3}) y peso de grano (kg m^{-3}). A pesar de que los híbridos presentaron igualdad estadística en peso de grano, el híbrido con mejor desarrollo vegetativo y con la eficiencia en uso del agua más alta en la región fue el Ocelote bajo el tratamiento 3 donde se repuso el 60 % de la evapotranspiración.

Palabras clave: evapotranspiración, híbrido, rendimiento, riego por goteo, peso seco

ABSTRACT

The experiment was performed with the aim to evaluate the vegetative growth and yield in corn grain of three hybrids (Ocelote, NK1863 and 302), under different levels of evapotranspiration (100, 80 and 60%) with drip irrigation in the Comarca Lagunera. In this study was used an experimental design with randomized completely block split plot arrangement and four replications. Plots were higher evapotranspiration and lower plot were hybrids. We evaluated plant height, plant weight, dry weight and fresh matter, length and ear weight, row number and grain weight. Also the efficiency was evaluated, fresh matter (kg m^{-3}), dry matter (kg m^{-3}) and grain weight (kg m^{-3}). Although hybrids showed statistical equality in grain weight, the hybrid with better vegetative growth and water use efficiency was Ocelote under the treatment 3 where 60% of evapotranspiration was recovered.

Index words: evapotranspiration, hybrid, yield, drip irrigation, dry weight.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la problemática de escasez de agua ha ido en aumento agravando la situación de zonas áridas y semiáridas de algunos países incluyendo México. La distribución heterogénea de la precipitación en estos lugares hace que la fuente principal de agua para actividades agrícolas y urbanas provenga del subsuelo. Sin embargo, más de la mitad del agua extraída se pierde por la transpiración de las plantas y evaporación directa del suelo además por las pérdidas generadas durante su conducción (IMTA, 2008). La explosión demográfica y mala utilización del agua han provocado que este recurso sea cada vez más escaso. Se estima que unos 6,000 millones de habitantes en el mundo han consumido el 54 % del agua dulce disponible en ríos, lagos y acuíferos subterráneos (CNA, 2007). A consecuencia de esta problemática, la situación alimentaria en el mundo es cada vez más crítica, pues los cambios climáticos son un factor que influye y determina la producción de alimentos; el alimento escasea y por consiguiente aumenta su precio, lo que provoca el aumento de poblaciones con hambruna (Duran y Sánchez, 2012).

El maíz es un cereal de importancia económica y política en el mundo y en México es la base de la alimentación (FAO, 2010). La escasez de agua actual y la problemática de la escasez de alimento, crean la necesidad de operar los sistemas de producción agrícola mediante el uso de sistemas de riego que incrementen la eficiencia en el uso del agua. Una estrategia consiste en conocer las necesidades hídricas de los cultivos, que se define como la cantidad de agua que debe tener el suelo para que la planta pueda satisfacer sus procesos fisiológicos y tener un desarrollo óptimo (Romero *et al*, 2009).

Actualmente, el sistema de riego por goteo se emplea en la producción de diversos cultivos por su alta eficiencia en el manejo del agua, ya que las pérdidas por evaporación, escurrimiento superficial y percolación profunda son menores, por lo que el volumen de aplicación es relativamente bajo en comparación con otros sistemas y proporciona la cantidad de agua necesaria para que el cultivo desarrolle sus funciones fisiológicas y productivas (Olague *et al*, 2006 y Shock, 2013).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento vegetativo y productivo del maíz con tres híbridos irrigados bajo el sistema por goteo y tres niveles de riego en base a la evapotranspiración.

MATERIALES Y MÉTODOS.

La investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL) en el municipio de Torreón, Coahuila, México. Este municipio pertenece a la región conocida como Comarca Lagunera; su ubicación geográfica se encuentra entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud oeste, y paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte con una altura de 1139 msnm. El clima de la Comarca Lagunera, es de tipo desértico con escasa humedad atmosférica, precipitación pluvial promedio entre 200 y 300 mm anuales en la mayor parte de la región, con una evaporación anual de 2600 mm y una temperatura media de 20 °C (CNA, 2005).

La evaluación se realizó durante el ciclo Primavera-Verano del 2011 bajo de riego por goteo. El área total fue de 540 m² conformada por 18 surcos de 0,75 m de separación y 40 m de longitud. Posteriormente se realizó la siembra manualmente, depositando dos semillas por golpe a una distancia de 0,20 m para obtener una población aproximada de 10 plantas por metro lineal y un aproximado de 133 333 plantas por hectárea.

En el sistema de riego se utilizó cintilla calibre 5000, la cual fue colocada sobre el surco al centro del mismo cuya separación fue de 0,75 m; la distancia entre emisores fue de 0,20 m con un gasto de 1 l/hr a una presión de 8 psi. Inicialmente se evaluó la cintilla a diferentes presiones, para conocer el gasto de los goteros cuando la presión de operación fuera baja. La siembra se realizó en suelo seco el 19 de junio del 2011. Después de la siembra se aplicó un riego de aniego con una lámina de 0,1995 m y posteriormente se aplicó riego conforme a la evaporación registrada en el tanque evaporímetro tipo A de la estación climatológica de la UAAAN-UL. Para el manejo de los tratamientos de riego, se registró la evaporación diaria del tanque, dato que fue multiplicado por la constante de tanque (0,70), dando como resultado la evaporación, que al multiplicarse por la superficie indicó el volumen de agua diario requerido por la planta.

Tratamientos.

Los tratamientos consistieron en el manejo del riego por goteo con la finalidad de reponer el 100% (T1: testigo), el 80% (T2) y el 60% (T3) de la ETP (Evapotranspiración) en base a lo registrado diariamente en el tanque evaporímetro

clase A ubicado dentro de las instalaciones de la estación climática de la UAAAN-UL. Los tratamientos se aplicaron a tres híbridos de maíz ciclo intermedio: Ocelote, NK1863 y 302. Éstos se replicaron en cuatro ocasiones logrando un total de 36 unidades experimentales.

Variables evaluadas.

Durante el ciclo vegetativo en campo se evaluó el crecimiento de la planta (m), tomando cinco plantas al azar en cada tratamiento; la medición consistió en tomar la altura desde el nivel del suelo hasta la base de la espiga; se empezó a medir a los 36 días después de la germinación y hasta los 86 días cuando se tenía el 100% de espiga; posteriormente se tomaron muestras de planta existentes en un metro lineal de cada surco durante la etapa de grano lechoso. Luego, las plantas se pesaron y se tomó una muestra de 4 plantas las cuales se molieron para obtener una muestra de forraje molido. La muestra molida se pesó en verde y se dejó secar para obtener los datos de peso seco del forraje. La cosecha se realizó en forma manual a los 118 días después de la siembra DDS, colectando las mazorcas en un metro lineal de surcos seleccionados al azar para evaluar la longitud y peso de mazorca así como el número de líneas por mazorca. Posteriormente la mazorca fue desgranada y se pesó el grano para obtener el rendimiento total. Se utilizó un diseño experimental bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones; las parcelas mayores fueron niveles de evapotranspiración y las parcelas menores fueron los híbridos. Los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico SAS (Ver. 9,2) y la comparación de media se realizó mediante la prueba DMS (Diferencia Mínima Significativa) ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El resultado del análisis estadístico realizado a las variables medidas en el estudio, mostró diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos.

Altura de planta.

El tratamiento con condiciones irrestrictas de agua (100% de ETP) obtuvo la mayor altura al registrar 1,37 m a diferencia del tratamiento T3 (60% de ETP) que mostró menor altura con 1,20 m (cuadro 1). Entre híbridos también hubo diferencia significativa; el mejor desarrollo lo presentaron el 302 y Ocelote con 1,32 y 1,29 m de

altura respectivamente, aunque el NK1863 con una media de 1,25 m es estadísticamente similar al ocelote pero diferente al 302. En la interacción híbrido con tratamiento, el híbrido Ocelote bajo los T1 y T2, NK1863 bajo T1 y 302 bajo T1 y T2 no tuvieron diferencia significativa, mostrando una altura promedio de 1,35 y 1,32 m, 1,34 m, 1,41 y 1,35 m. respectivamente. El híbrido Ocelote, NK1863 y 302 con T3 no tuvieron diferencia significativa entre sí pero presentaron menor altura con 1,22, 1,19 y 1,19 m. respectivamente. El mejor híbrido fue el 302 con una altura de 1,41 m. El agua es un factor importante en el desarrollo del cultivo pero hay otros factores que impiden el buen desarrollo del mismo como altas temperaturas y la fertilización; este último es muy importante, ya que si no se fertiliza la planta tiende a perder altura. Duan *et al.* 2007, mencionan que al estresar la planta hay cambios en su estructura, cambio que se refleja en la disminución de su tasa de desarrollo. Por otra parte, los resultados del presente experimento soportan el estudio realizado por Méndez *et al.* 2007, quienes encontraron que no es suficiente recuperar del 40 al 60 % de la evapotranspiración para el buen desarrollo del cultivo.

Cuadro 1. Altura de planta (m) de tres híbridos de maíz diferencialmente irrigados. Torreón, Coahuila, México. UAAAN-UL 2011.

Tratamiento (% de ETP)	Ocelote	NK1863	302	\bar{x}
100	1,35 a*	1,34 a	1,41 a	1,37 a
80	1,32 ab	1,23 bc	1,35 a	1,30 b
60	1,22 bc	1,19 c	1,19 c	1,20 c
\bar{x}	1,29 ab	1,25 b	1,32 a	

* Medias con diferente literal en columna son diferentes DMS ($p \leq 0,05$)

ETP = Evapotranspiración.

Peso de planta.

El híbrido con mayor peso fue el Ocelote con 3,79 kg/planta comparado con NK1863 y 302, con 2,79 y 3,04 kg/planta respectivamente resultando éstos últimos estadísticamente similares (cuadro 2). En la interacción híbrido con tratamiento, el híbrido Ocelote bajo los T1, T2 y T3 fueron estadísticamente similares, pero también presentó igualdad estadística con los híbridos NK1863 en T1 y con el 302 en T1 y T3;

los híbridos NK1683 y 302 en los T1, T2 y T3, fueron estadísticamente similares entre sí; solo se presentó diferencia significativa entre el híbrido Ocelote en los tres tratamiento con NK1863 y 302 entre T2 y T3, siendo el híbrido el Ocelote el de mayor peso. El peso de planta disminuyó debido al estrés hídrico y térmico al cual se sometió la planta, además que el cultivo no se fertilizo. Según Campos *et al.* 2006, las etapas entre desarrollo y floración, son períodos particularmente vulnerables para el crecimiento y el rendimiento final de la planta de maíz; el estrés hídrico durante estas etapas, reducen el número de granos e incrementan la cantidad de plantas sin mazorcas además que las plantas no tienen un buen desarrollo y si la humedad de éstos cae por debajo del 30%, entonces no acumulan materia seca.

Cuadro 2. Peso de planta (kg/planta) de tres híbridos de maíz diferencialmente irrigados. Torreón, Coahuila, México, UAAAN-UL 2011.

Tratamiento (% de ETP)	Ocelote	NK1863	302	\bar{x}
100	3,87 a*	3,25 ab	3,25 ab	3,46
80	3,75 a	2,62 b	2,75 b	3,04
60	3,75 a	2,50 b	3,12 ab	3,13
\bar{x}	3,79 a	2,79 b	3,04 b	

* Medias con diferente letra en columna son diferentes DMS ($p \leq 0,05$).

ETP = Evapotranspiración.

Peso de materia verde.

El híbrido que obtuvo mayor peso de materia verde fue el Ocelote con 8,833 t ha⁻¹, seguido de los híbridos NK1863 y 302 con 7,600 y 7,266 t ha⁻¹ respectivamente; estos dos últimos presentaron igualdad estadística entre sí (cuadro 3). En la interacción híbridos con tratamiento, el híbrido Ocelote con T1, T2 y T3, NK1863 con T1 y T2 y 302 con T1 fueron estadísticamente similares con un rendimiento de 8,650, 8,900 y 8,950 t ha⁻¹, 8,450 y 7,600 t ha⁻¹, y 8,200 t ha⁻¹ respectivamente. Los híbridos NK1863 y 302 bajo los tres tratamientos no presentaron diferencia significativa, pero si hubo diferencia entre el híbrido Ocelote y el 302 en T3, el híbrido con mayor peso fue el Ocelote con 8,950 t de materia verde por hectárea. La producción de materia verde fue baja ya que el cultivo estuvo sometido a estrés hídrico y térmico durante su desarrollo.

Según Nayyar y Gupta 2006, una disminución de agua en la planta presenta grandes reducciones, lo que concuerda con lo reportado por Zhao *et al.* 2006, quienes mencionan que por efecto del estrés hídrico las plantas presentan una reducción en biomasa fresca. Por otra parte, Antolín *et al.* 2009, señalan que el rendimiento en maíz para forraje es afectado por la densidad de planta, fecha de siembra, estado de madurez, aporte de agua y variabilidad genética de variedades e híbridos.

Cuadro 3. Producción de materia verde ($t\ ha^{-1}$) de tres híbridos de maíz diferencialmente irrigados. Torreón, Coahuila, México. UAAAN-UL 2011

Tratamiento	Ocelote	NK1863	302	\bar{x}
(% de ETP)				
100	8,650 ab	8,450 abc	8,200 abc	8,430
80	8,900 a*	7,600 abc	6,800 bc	7,760
60	8,950 a	6,750 c	6,800 bc	7,500
\bar{x}	8,833 a	7,600 b	7,266 b	

* Medias con diferente letra en columna son diferentes DMS ($p \leq 0,05$).

ETP = Evapotranspiración.

Peso seco.

El híbrido Ocelote presentó diferencia estadística con respecto al híbrido 302 al obtener un peso seco de $2,158\ t\ ha^{-1}$ y de $1,750\ t\ ha^{-1}$ respectivamente; el híbrido NK1863 presentó igualdad estadística con los dos anteriores al obtener $1,850\ t\ ha^{-1}$ de peso seco (cuadro 4). En cuanto a las interacciones híbrido con tratamientos, el híbrido Ocelote y NK1863 con T1, T2 y T3, así como el híbrido 302 con T1 y T3 fueron estadísticamente similares entre sí. Los híbridos NK1863 y 302 en los tres tratamientos, y el Ocelote en T1 y T2 no mostraron diferencia estadística. El híbrido con mayor peso para la variable de peso seco fue el Ocelote bajo el T3 con $2,225\ t\ ha^{-1}$ y el más bajo fue el híbrido 302 bajo el T3 con $1,625\ t\ ha^{-1}$. La producción fue baja en comparación con los resultados reportados por Montemayor *et al.* 2007, el cual evaluó el híbrido 900 de ciclo corto obteniendo un rendimiento de $20,19\ t\ ha^{-1}$ de materia seca; el bajo rendimiento que se obtuvo se debe a que cuando se somete a estrés disminuye un 33 % de fotosíntesis neta y el uso de agua aun 50 %, así como las altas

temperaturas de la región (Anjum *et al.*, 2011A). Por otra parte Ahmad *et al.* 2011, mencionan que el estrés hídrico afecta el crecimiento, materia seca y rendimiento en la planta, esto va a depender de la duración del estrés durante el desarrollo de la planta.

Cuadro 4. Peso seco ($t\ ha^{-1}$) de tres híbridos de maíz diferencialmente irrigados. Torreón, Coahuila, México. UAAAN-UL 2011.

Tratamiento (% de ETP)	Ocelote	NK1863	302	\bar{x}
100	2,050 ab	2,000 ab	1,950 ab	2,000
80	2,200 ab	1,875 ab	1,625 b	1,900
60	2,225 a	1,675 ab	1,675 ab	1,850
\bar{x}	2,158 a	1,850 ab	1,750 b	

* Medias con diferente letra en columna son diferentes DMS ($p \leq 0,05$).

ETP = Evapotranspiración.

Longitud de mazorca.

Los híbridos Ocelote y NK1863 fueron similares estadísticamente entre sí pero diferentes al 302, los cuales presentaron 11,50, 11,39 y 8,18 cm de longitud de mazorca respectivamente (cuadro 5). Las interacciones híbrido con tratamiento, mostraron igualdad estadística entre los híbridos Ocelote y NK1863 bajo los tres tratamientos y con el 302 bajo el T1. El híbrido con mayor longitud de mazorca fue el Ocelote bajo T1 con 11,73 cm. y el que presentó menor longitud fue el 302 bajo T2 con 6,62 cm. La longitud de mazorca va a depender del tipo de híbrido y las condiciones ambientales que afecten a la planta, tales como baja disponibilidad de agua, alta temperatura y fertilización.

Cuadro 5. Longitud de mazorca (cm) de tres híbridos de maíz diferencialmente irrigados. Torreón, Coahuila, México. UAAAN-UL 2011.

Tratamiento (% de ETP)	Ocelote	NK1863	302	\bar{x}
100	11,73 a*	11,56 ab	9,20 abc	10,83
80	11,13 ab	11,20 ab	6,62 c	9,65

60	11,65 ab	11,40 ab	8,73 bc	10,59
\bar{x}	11,50 a	11,39 a	8,18 b	

* Medias con diferente letra en columna son diferentes DMS ($p \leq 0,05$).

ETP = Evapotranspiración.

Numero de hilera.

El híbrido Ocelote con 13,33 y el 302 con 13,25 hileras resultaron estadísticamente similares entre sí pero diferentes al híbrido NK1863 con 11,58 (cuadro 6). En la interacción híbrido con tratamiento, los híbridos Ocelote y 302 bajo los tres tratamientos fueron estadísticamente similares entre sí y el NK1863 fue similar a los anteriores pero solo bajo el T3; también los híbridos Ocelote en T1 y T3, NK1863 bajo los T1, T2 y T3, y el 302 bajo los T1, T2 y T3 fueron estadísticamente similares entre sí; solo hubo diferencia estadística entre el híbrido Ocelote bajo el T2 y el NK1863 bajo los T1 y T2, siendo el mejor el híbrido Ocelote con 13,75 hileras comparado con el NK1863 con 11,50 hileras. El número de hilera es algo que se considera estable, pero depende de los híbridos y de las regiones donde se produzca este cultivo; en algunas regiones puede mantenerse un cierto número de hileras, pero si el híbrido se establece en otra región diferente el número de hilera variará (Pecina *et al.*, 2009).

Cuadro 6. Numero de hilera (adimensional) de tres híbridos de maíz diferencialmente irrigados. Torreón, Coahuila, México. UAAAN-UL, 2011.

Tratamiento	Ocelote	NK1863	302	\bar{x}
(% de ETP)				
100	13,50 ab	11,50 b	13,50 ab	12,82
80	13,75 a	11,50 b	13,25 ab	12,83
60	12,75 ab	11,75 ab	13 ab	12,50
\bar{x}	13,33 a	11,58 b	13,25 a	

* Medias con diferente letra en columna son diferentes DMS ($p \leq 0,05$).

ETP = Evapotranspiración.

Peso de mazorca.

En la interacción híbrido con tratamientos (cuadro 7), los híbridos Ocelote y NK1863 resultaron estadísticamente similares entre sí bajo los tres tratamientos y el 302 fue similar a los anteriores bajo los T1 y T2; del mismo modo, los híbridos NK1863 y 302 fueron similares bajo los tres tratamientos junto con el híbrido Ocelote bajo los T2 y T3. Aunque no se detectó diferencia estadística entre híbridos, el Ocelote presentó el mayor peso de mazorca con 3,663 t ha⁻¹ y el menor peso lo obtuvo el híbrido 302 con 2,337 t ha⁻¹. El rendimiento que se obtuvo fue bajo ya que la alta temperatura, la cantidad de agua aplicada y la nutrición son factores que están directamente relacionados con la formación de número de granos en la mazorca (Lee y Tollenaar, 2007; Sala *et al.*, 2007).

Cuadro 7. Peso de Mazorca (t ha⁻¹) de tres híbridos de maíz diferencialmente irrigados. Torreón, Coahuila, México. UAAAN-UL 2011.

Tratamiento	Ocelote	NK1863	302	\bar{x}
(% de ETP)				
100	3,663 a	3,007 ab	3,110 ab	3,260
80	3,235 ab	3,205 ab	2,690 ab	3,043
60	3,300 ab	2,797 ab	2,337 b	2,812
\bar{x}	3,399	3.003	2.713	

* Medias con diferente letra en columna son diferentes DMS ($p \leq 0,05$).

ETP = Evapotranspiración.

Peso de grano.

El híbrido Ocelote presentó el mayor peso de grano al obtener 2,638 t ha⁻¹, siendo el híbrido 302 el que obtuvo 2,273 t ha⁻¹ (cuadro 8). El tratamiento que presentó el mayor peso de grano fue cuando se repuso el 100% de la evapotranspiración (T1) el cual presentó un peso de 2,734 t ha⁻¹. En cuanto a las interacciones, los híbridos Ocelote y NK1863 resultaron estadísticamente similares bajo los tres tratamientos, junto con el híbrido 302 bajo los T1 y T2. El mayor peso de grano lo presentó el híbrido Ocelote bajo el T1 con 2,990 t ha⁻¹, una diferencia de 1,092 t ha⁻¹ con respecto al peso mas

bajo correspondiente al híbrido 302 bajo el T3. La producción en grano fue baja, ya que las altas temperaturas afectaron el buen funcionamiento de la planta, ya que de acuerdo con Lawlor 2005, la temperatura puede disminuir el rendimiento del maíz, debido a problemas en la polinización, incremento en la respiración y disminución en la fotosíntesis. Por otro lado Cheikh y Jones 1994, mencionan que por cada grado centígrado (°C) que se incremente la temperatura por encima del óptimo (25 °C), el rendimiento de grano se reduce de 3 a 4 %.

Cuadro 8. Peso de grano ($t\ ha^{-1}$) de tres híbridos de maíz diferencialmente irrigados. Torreón, Coahuila, México. UAAAN-UL 2011.

Tratamiento	Ocelote	NK1863	302	\bar{x}
(% de ETP)				
100	2,990 a	2,513 ab	2,700 ab	2,734
80	2,460 ab	2,440 ab	2,223 ab	2,374
60	2,465 ab	2,270 ab	1,898 b	2,211
\bar{x}	2,638	2,408	2,273	

* Medias con diferente letra en columna son diferentes DMS ($p \leq 0,05$).

ETP = Evapotranspiración.

Eficiencia en uso de agua en producción de materia verde.

La mayor eficiencia en uso de agua se presentó en el T3 (cuadro 9), dado que se produjo 1,876 kg de materia verde por cada m^3 de agua aplicado al cultivo; a su vez, este tratamiento resultó similar estadísticamente con el T2 el cual produjo 1,665 kg de materia verde por m^3 de agua aplicado. Éste último tratamiento también presentó igualdad estadística con el T3 que obtuvo la eficiencia más baja con 1,581 kg de materia verde por m^3 y mostró diferencia significativa con respecto al T1. En cuanto a los híbridos, el que mejor se comportó fue el Ocelote con 1,923 Kg de materia verde por m^3 de agua aplicado, mostrando diferencia estadística con los híbridos NK1863 y 302; éstos dos últimos resultaron con igualdad estadística entre sí al presentar 1,634 y 1,566 Kg de materia verde por m^3 de agua aplicado respectivamente. La interacción híbrido con tratamiento también mostró diferencia estadística, siendo los híbridos Ocelote bajo T1, NK1863 bajo T1, T2 y T3, y el 302 bajo T1 y T3 estadísticamente similares. La interacción del híbrido Ocelote bajo el T3 presentó la eficiencia en uso

del agua más alta al obtener 2,239 Kg por m³ de agua aplicado al cultivo; en contraste, la interacción del híbrido 302 bajo el T2 obtuvo la eficiencia mas baja, ya que solo produjo 1,458 Kg de materia verde por m³ de agua. Montemayor *et al.* 2006, en su evaluación obtuvieron una eficiencia en uso de agua de 2,900 kg m⁻³ en producción de forraje verde utilizando el híbrido Aspros 900 y, comparando el resultado del híbrido Ocelote bajo el T3, pone en evidencia que es el único híbrido que tiene la eficiencia más alta en el uso de agua en relación a los Kg materia verde producida en el presente experimento.

Cuadro 9. Eficiencia en uso de agua de tres híbridos diferencialmente irrigado en producción de materia verde (kg m⁻³). Torreón, Coahuila, México. UAAAN-UL 2011.

Tratamiento (% de ETP)	Ocelote	NK1863	302	\bar{x}
100	1,623 bc	1,585 bc	1,538 bc	1,581 b
80	1,910 a	1,530 bc	1,458 c	1,665 ab
60	2,239 a*	1,689 bc	1,701 bc	1,876 a
\bar{x}	1,923 a	1,634 b	1,566 b	

* Medias con diferente letra en columna son diferentes DMS ($p \leq 0,05$).

ETP = Evapotranspiración.

Eficiencia en uso de agua para producción de materia seca.

La mayor eficiencia en el uso de agua se presentó con el T3, dado que se produjeron 0,465 kg de materia seca por cada m³ de agua aplicado al cultivo; a su vez, este tratamiento resultó con igualdad estadística con el T2 el cual produjo 0,407 kg de materia seca por m³ de agua aplicado (cuadro 10). El T2 también mostró igualdad estadística con el T3 el cual obtuvo la eficiencia más baja con 0,375 kg de materia seca por m³ y a su vez mostró diferencia significativa con respecto al T1. El híbrido que obtuvo mayor producción de materia seca fue el Ocelote con 0,471 Kg m⁻³ de agua aplicado, mostrando igualdad estadística con el híbrido NK1863 con 0,399 Kg m⁻³; éste último también fue similar al híbrido 302 el cual presentó 0,378 Kg de materia seca por m³ de agua. La eficiencia en el uso de agua mas alta en esta variable, se presentó en la interacción del híbrido Ocelote bajo el T3, el cual obtuvo 0,557 Kg de materia seca

por m³ de agua; en contraparte, la eficiencia mas baja fue en la interacción del híbrido 302 bajo el T1, donde se obtuvo solamente 0,375 Kg de materia seca por m³ de agua. La eficiencia en uso de agua para la producción de materia seca fue baja, sin embargo Andrew y Shashi 2009, reportan una producción de materia seca con un rango entre 5,20 y 0,35 kg m⁻³ en Nebraska, EU. Por otro lado, Steven *et al.* 2006, reportaron una variación de 2 a 4,5 kg m⁻³ bajo diferentes láminas de riego. Aunque los resultados en este experimento fueron bajos, la producción de materia seca se encuentra dentro del rango que reportaron estos investigadores.

Cuadro 10. Eficiencia en uso de agua de tres híbridos diferencialmente irrigado en producción de materia seca (kg m⁻³). Torreón, Coahuila, México. UAAAN-UL 2011.

Tratamiento (% de ETP)	Ocelote	NK1863	302	\bar{x}
100	0,385 b*	0,376 b	0,366 b	0,375 b
80	0,472 b	0,402 ab	0,349 b	0,407 ab
60	0,557 a	0,419 b	0,419 b	0,465 a
\bar{x}	0,471 a	0,399 ab	0,378 b	

* Medias con diferente letra en columna son diferentes DMS (p≤0,05).

ETP = Evapotranspiración.

Eficiencia en uso de agua en producción de grano.

Los tratamientos de riego y los híbridos evaluados en el presente experimento, se comportaron de manera similar por lo que no se encontró diferencia entre ellos (Cuadro 11). Sin embargo, la eficiencia en el uso del agua más alta alcanzada fue con el T3 y el híbrido Ocelote, el cual obtuvo un peso de 0,617 Kg de grano por m³ de agua aplicado; en contraparte, el T1 con el híbrido NK1863 obtuvo la eficiencia en uso de agua más baja al producir 0,471 Kg de grano por m³ de agua. El rendimiento de grano obtenido fue muy bajo en comparación con los resultados reportados por Howell *et al.* 2008b, quienes en maíz obtuvieron 3,63 kg m⁻³ en 2006 y 3,64 kg m⁻³ en 2007. Con análisis de regresión González *et al.* Encontró una relación directa entre el uso eficiente de agua y la producción de granos, con resultados que van desde 0,9 a 2,5 kg m⁻³.

Cuadro 11. Eficiencia en uso de agua en tres híbridos diferencialmente irrigado en producción de grano (kg m^{-3}). Torreón, Coahuila, México. UAAAN-UL 2011.

Tratamiento	Ocelote	NK1863	302	\bar{x}
(% de ETP)				
100	0,561	0,471	0,507	0,513
80	0,527	0,523	0,477	0,510
60	0,617	0,568	0,475	0,553
\bar{x}	0,568	0,521	0,486	

* Medias con diferente letra en columna son diferentes DMS ($p \leq 0,05$).

ETP = Evapotranspiración.

CONCLUSIÓN

El factor climático en las regiones áridas y semiáridas de México, es determinante para el desarrollo y producción del cultivo de maíz, ya que la disponibilidad de agua para el riego es limitada y se debe hacer un uso eficiente del recurso. El riego por goteo en los cultivos incrementa la eficiencia en el uso del agua al minimizar las pérdidas por conducción, aplicación y evaporación. Aunque el híbrido Ocelote obtuvo valores superiores con el 100% de ETP en las variables peso de planta, longitud de mazorca, número de hileras y producción de grano, no hubo diferencia significativa con el tratamiento de 60% de ETP; no obstante, el ahorro de agua del 40% es considerable en términos de cantidad de agua y económicos. En éste último tratamiento se obtuvieron los mejores resultados en las variables de producción de materia verde, producción de materia seca y se obtuvo la mayor eficiencia en el uso de agua en materia verde, materia seca y producción de grano. Con lo anterior se puede concluir que el híbrido de mejor comportamiento en este experimento fue el Ocelote con un manejo de riego donde se repuso el 60% de la ETP, a pesar de haber obtenido menor altura de planta, lo que puede ser benéfico dadas las condiciones de viento que se presentan en la región, ya que variedades de mayor altura son más susceptibles al acame. Sin embargo, con un mejor manejo de la fertilización se puede llegar a incrementar los valores de las variables medidas, ya que quedó en evidencia que la mayor afectación en el desarrollo y rendimiento no es solo por estrés hídrico y térmico, sino también por el manejo de la fertilización.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad A S, Xie X Y, Wang L C, Farrukh S M, Man C, Lei W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6(9), pp. 2026-2032.
- Andrew E S, Shashi B V. 2009. Evapotranspiration of irrigated and rainfed maize-soybean cropping systems. *Agric. For. Meteorol.* Vol. 149: issues 3-4, pages. 443-452.
- Anjum S A, Wang L C, Farooq M, Hussain M, Xue L L, Zou C M. 2011a. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. *J. Agron. Crop Sci.* Vol. 197: issues 3, pages 177 – 185, 2011.
- Antolín D M, González R M, Goñi C S, Domínguez V I A, Ariciaga G C. 2009. Rendimiento y producción de gas *in vitro* de maíces híbridos conservados por ensilaje o henificado. *Técnica Pecuaria en México* 47(4):413-423.
- Campos H, Cooper M, Edmeades G O, Loffler C, Schussler J R, Ibanez M. 2006. Changes in drought tolerance in maize associated with fifty years of breeding for yield in the U.S. Corn Belt. *Maydica*. 51:369-381.
- Cheikh N R, Jones J. 1994. Disruption of maize kernel growth and development by heat stress. Role of cytokine/abscisic acid balance. *Plant Physiology*, USA, scientific journal series, Vol. 106, pages 45 – 51.
- Comisión Nacional del Agua. (CNA). 2007. Estadísticas Agrícolas de las Unidades de Riego, Año Agrícola 2004-2005. Edición 2007, CONAGUA, México. 401 p.
- Comisión Nacional del agua. CNA. 2011. Estadística del agua en México. Edición 2011. CONAGUA, México. 181 p.
- Comisión Nacional del Agua. (CNA). 2005 Gerencia Regional. Cuencas Centrales del norte. Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón Coahuila, México
- Duan B, Yang Y, Lu Y, Korpelainen H, Berninger F, Li C. 2007. Interactions between drought stress, ABA and genotypes in *Picea asperata*. *J. Exp. Bot.*, 58: 3025-3036.
- Durán R. G., Sánchez D. A. 2012. Cambio climático y derecho a la alimentación. Ed. Prosalus. Madrid, España. 94 p.

- González R. F., Herrera P. J., López S. T., Cid L. G. 2010. Productividad del agua en el cultivo de maíz en condiciones del sur de la Habana. La Habana, Cuba. Vol. 2, No. 2. pp. 81 – 86.
- Organizaciones de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. FAO. 2010. Perspectivas de cosechas y situación alimentaria. No. 1, Roma, Italia. 42 p.
- Howell T. A., Evett S. R., Tolk J. A, Copeland K. S., Colaizzi P. D., Gowda P H. 2008. Evapotranspiration of corn and forage sorghum for silage. *In: Walter resources congress 2008 Ahuapua'a*. pp. 1 - 14.
- IMTA. 2008. Enciclopedia del agua. *In: www.imta.gob.mx/index.php?...52%3Aenciclopedia-del-agua*. (Consulta 17 de Mayo 2012).
- Lawlor D. W. 2005. Plant responses to climate change: impacts and adaptation *In: Omasa, I. Nouchi, and L. J. De Kok. (eds). Plant Responses to Air Pollution and Global Change*. K. Springer-Verlag. Tokio. pp: 81-88.
- Lee E, Tollenaar M. 2007 Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield *Crop Sci.* 47 (Supplement 3): S202-S215.
- Méndez N J. R, Lara L, Gil M J A. 2007. Efecto del riego por goteo en el crecimiento inicial de tres cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) Chile, Vol. 25, Nº 2, Páginas 7-15.
- Montemayor T J A, Gómez M A O, Olague R J, Zermeño G A, Ruiz C E, Fortis H M, Salazar S E, Aldaco N R. 2006. Efecto de tres profundidades de cinta de riego por goteo en la eficiencia en uso de agua y en el rendimiento de maíz forrajero. México, Vol. 44, número 003, pp. 359–364.
- Montemayor T J A, Olague R J, Fortis H M, Sam B R, Leos R J A, Salazar S E, Castruita L J, Rodríguez R J, Chavaría G J A. 2007. Consumo de agua en maíz forrajero con riego subsuperficial, Torreón Coahuila México, Terra latinoamericana. Vol. 25, Núm. 2, pp.163-168.
- Nayyar H, Gupta D. 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. *Environ. Exp. Bot.* 58: 106-113.
- Olague R. J., Montemayor T. J. A., Bravo S. S. R., Fortis H. M., Aldaco N. R. A., Ruiz C. E. 2006. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial. Torreón, Coahuila, México: ITA 10, Técnica Pecuaria en México. Vol. 44 No. 3, pp. 351-357.

- Pecina M J A, Mendoza C M C, López S J A, Castillo G F, Mendoza R M. 2009. Respuesta morfológica y fenológica de maíces nativos de Tamaulipas a ambientes contrastantes de México, México. Vol. 43, número 7, 43: 681-694.
- Romero E., Rodríguez A., Rázuri L., Suniaga J., Montilla E. 2009. Estimación de las necesidades hídricas del cultivo de pepino (*cucumis sativus* L.), durante las diferentes etapas fenológicas, mediante la tina de evaporación. Agricultura Andina, vol. 16. pp. 56 – 69.
- Sala R G, Andrade F, Westgate M. 2007. Maize kernel moisture at physiological maturity as affected by source-sink relationship during grain filling. Crop Sci. 47:709-714.
- Shock C. C. 2013. Drip irrigation: An introduction. <http://extension.oregonstate.edu/catalog/pdf/em/em8911-e.pdf>. (Consulta 16 de Abril 2013).
- Steven R. E., Troy R. P., Howell T. A. 2006. Controlling water use efficiency with irrigation automation: Cases from drip and center pivot irrigation of corn and soybean. Southern Conservation Systems Conference, Amarillo, Texas. pp: 57-66.
- Zhao T J, Sun S, Liu Y, Liu J M, Liu Q, Yan Y B, Zhou H M. 2006. Regulating the drought-responsive element (DRE)-mediated signaling pathway by synergic functions of trans-active and transinactive DRE binding factors in *Brassica napus*. J. Biol. Chem., 281: 10752-10759.

LITERATURA CITADA.

Andrade, F.H.; A. Cirilo; S. Uhart y M. E. Otegui. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Dekalbpress. Buenos Aires, Argentina. 292 pp.

Benz, B. F. 2001. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz. PNAS 98 (4): 2104-2106.

Bralts V, Edwards D, Wu I, 1987. Drip irrigation design and evaluation based on statistical uniformity concept. *Adv. In Agron.* 4:67-117.

Bravo, E. 2006. Biocombustibles, cultivos energéticos y soberanía alimentaria: encendiendo el debate sobre biocombustibles. Acción Ecológica, Quito, Ecuador.

CAB internacional, 2007. Crop protection compendium, 2007 edition. Wallingford, UK: CAB international.

CAI. 2005. Eyespot Disease in Corn. Corn Agronomic Information.

CIMMYT 2004. Enfermedades del Maíz: una guía para su identificación a campo. Cuarta Ed. 12 p.

CNA. 2007. Estadísticas Agrícolas de las Unidades de Riego, Año Agrícola 2004-2005, CONAGUA, México.

Dellaporta, S.L. & Calderón-Urrea, A. 1994. The sex determination process in maize. *Science*, 94: 1501.

Delphine, L; Vidal A; Smith M. and Dauzat J. 2005. More crop per drop: how to make it acceptable for farmers? *Agric. Water Manage.* 76: 108-119.

Doorenbos, J. y kassam a. H. 1979. Yield response to water. FAO irrigation and drainage paper N° 33.

Dos Santos I., Da Silva A. & G. Malagi. 2007. Ocorrência de mancha ocular em milho causada por *Kabatiella zeae* no Paraná e em Santa Catarina. *Fitopatologia Brasileira* 32(4). 2p. de SOUZA, J. 2007. Enfermedades del maíz en Entre Ríos. Actualización Técnica. Maíz, Girasol y Sorgo. INTA EEA Paraná. Serie Extensión n°44:80-85.

Esau, K. 1977. *Anatomy of seed plants*, 2nd ed. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons.

Esteva, G. 2003. Los árboles de las culturas mexicanas. Sin maíz no hay país. CONACULTA. Museo Nacional de las Culturas Populares. México. pp. 17-28.

FAO. 2010. Perspectivas de cosechas y situación alimentaria. No. 1

Feldman, L. 1994. The maize root. In M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 29-37. New York, NY, USA, Springer -Verlag.

Flores O., M.A. y U. Figueroa V. 2010. Producción y ensilaje de maíz forrajero de riego. Folleto Técnico No. 30. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. Calera, Zacatecas, 41 p.

Formento A.N. e I.G. Vicentin. 2005. Mancha ocular en maíz (*Aureobasidium zeae* Syn. *Kabatiella*).

Fortis H., M., A. Rodante, J. A. Leos y E. Salazar S. 2002. El mercado de los derechos de agua en la Comarca Lagunera. *Políticas Agrícolas* 12: 103-122.

Galinat, W.C. 1959. The phytomer in relation to floral homologies in the American. *Maydeae. Bot. Mus. Leafl. Harv. Univ.*, 19: 1-32.

Hay, R.K.M. & Walker, A. J. 1989. *An introduction to the physiology of crop yield*. Essex, UK, Longman Scientific and Technical.

ICA. 2007. Enfermedades del maíz y su manejo. Bogotá D, C. Columbia. 56 p.
Weatherwax, P. 1954. *Indian corn in old America*. New York, NY, USA, MacMillian Publishing.

IMPOFOS. 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos. Potash and phosphate institute. 655 Engineering drive, suite 110, Norcross, GA 30092-2837 U.S.A.

INIFAP-CENID, RASPA, 2004. Producción de alfalfa con riego por goteo subsuperficial o subterráneo, folleto científico n. 13, Gómez palacio Durango, México.

INTA. 2008. Manual de recomendaciones técnicas. Cultivo de maíz. San José Costa Rica. 68 pp.

Jacob, B. y U.E.X Kull, H. 1964. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Ámsterdam Holanda.

Jones, H.G. 1993. Drought tolerance and water-use efficiency. *In* J.A.C. Smith & H. Griffiths, eds. *Water deficits - plant responses from cell to community*, p. 193-203. Oxford, UK, BIOS Scientific Publishers.

Lafitte H. R. and G. Edmeades. 1995. Stress tolerance in tropical maize is linked to constitutive changes in ear growth characteristics. *Crop Sci.* 35:820-826.

MacNeish, R. S. 1967. Summary of subsistence. In: Byers D.S. (e d.) *The prehistory of the Tehuacan Valley. Vol. 1. Environment and subsistence.* Austin, Texas: University of Texas Press. pp. 290-309.

Mangelsdorf, P.C. 1974. *Corn, its origin, evolution and improvement.* Cambridge, MA, USA, Belknap Press, Harvard University Press.

Marschner, H. 1986. Mineral nutrition in higher plants. Academic Press, Orlando, FL. USA.

Medina G., G., J.A. Zegbe D., B. Cabañas C., J. Mena C., J.A Ruiz C., A.G. Bravo L., M.D. Amador D., R. Zandate H., M.Reveles H., R. Gutiérrez S., G. Díaz P., J. Madero T. y S. Rubio D. 2007. Potencial productivo de especies agrícolas en el Distrito de Desarrollo Rural Río Grande Zacatecas, Libro

Técnico No. 6. Campo Experimental Zacatecas-CIRNOC-INIFAP., Calera, Zacatecas, México.

Medrano H; Bota J; Cifre J; Flexas J; Ribas C. M; Gulías J. 2007. Eficiencia en uso de agua en las plantas. Investigaciones geográficas, Num. 43, pp.63-84. España.

Mistrik, I. & Mistrikova, I. 1995. Uptake, transport and metabolism of phosphates by individual roots of *Zea mays* L. *Biologia* (Bratislava), 50: 419-426.

Monteith, J. L. and M. H. Unsworth. 1990. Principles of Environmental Physics. Second edition, Chapman and Hall, Inc. London, United Kingdom. 291 p.

Montemayor T J A, Olague R J, Fortis H M, Sam B R, Leos R J A, Salazar S E, Castruita L J, Rodríguez R J, Chavaría G J A. 2007. Consumo de agua en maíz forrajero con riego subsuperficial, Torreón Coahuila México, Vol. 25, Núm. 2, pp.163-168.

Ortas L. 2008. El cultivo del maíz: fisiología y aspectos generales. Agrisan. Boletín n. 7.

Ortega Paczka, R. 2003. La diversidad del maíz en México. Sin Maíz no hay País. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas, México, D. F. pp. 123-154.

Pimentel, D. 2003. Ethanol fuels: energy balance, economics and environmental impacts are negative. *Natural Resources Research* 12: 127-134.

Piperno, D. R. & K. V. Flannery. 2001. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry date and their implications. *PNAS* 98 (4): 2101-2103.

Plénet, D. 1995. Fonctionnement des cultures de maïs sous contrainte azotée. Détermination et application d'un indice de nutrition. Thèse de Docteur, INPL, Nancy, France. Université. 115 pp.

Poethig, R.S. 1994. The maize shoot. *In* M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 11-17. New York, NY, USA, Springer-Verlag.

Prasad. M. y S.K. Sinha. 1977. Application and standardization of various procedures for inoculation of maize by *Erwinia carotovora* f. sp. Zentralblatt für bakteriologie, parasitenkunde, infektionskrankheiten und Hygiene 2, 132(1):75-80.

Reifschneider F.J.B. y D.C. ARNY 1983. Yield Losses of maize caused by *Kabatiella zeae*. Phytopathology 73:607-09.

Reyes C, P. 1990. El maíz y su cultivo. A. G. T. editor, S. A. México, D. F. 460 p.

Rhoads, F. M. and Bennett J. M. 1990. In Stewart, B. A. and D. R. Nielsen (Eds). Agronomy N° 30. Madison USA. Corn. pp 569-590.

Ritchie, S.W. & Hanway, J.J. 1992. *How a corn plant develops*. Special report No. 48. Ames, IA, USA, Iowa State University.

Roberts, L.M., U.C. Grant, R. Ramirez E, W. H. Hatheway, and D.L. Smith, in collaboration with P. C. Mangelsdorf. 1957. Races of maize in Colombia. National Academy of Sciences-National Research Council Publication 510. Washington, D. C. pp. 1-153.

Robertson, A. 2009. Eyespot and Gray Leaf Spot Occurring in Corn.

S. F. A. SAGARPA. 2011. Perspectiva de largo plazo del sector agropecuario de México 2011 – 2020. México, DF. 43 p.

Tardieu, F. & Davies, W.J. 1993. Root-shoot communication and whole-plant regulation of water flux. In J.A.C. Smith & H. Griffiths, eds. *Water deficits - plant responses from cell to community*, p. 147-162. Oxford, UK, BIOS Scientific Publishers.

Terán, G. 2008. Corrección del anteproyecto de tesis "Comportamiento de tres híbridos de maíz duro (*Zea mays* L.) Con cuatro niveles de fertilización en la parroquia La Concepción cantón Mira. www.cotriza.cl, (consulta 8 de marzo 2012).

U. S. D. A. 2013. World Agricultural Supply and Demand Estimates. EUA. Washington, D. C.

Weatherwax, P. 1955. History and origin of corn. I. Early history of corn and theories as to its origin. *In* G.F. Sprague, ed. *Corn and corn improvement*, 1st ed., p. 1-16. New York, NY, USA, Academic Press.

Westgate, M.E. 1994. Seed formation in maize during drought. *In* K.J. Boote, J.M. Bennett, T.R. Sinclair & G.M. Paulsen, eds. *Physiology and determination of crop yield*, p. 361-364. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.

Zinselmeier, C., Westgate, M.E. & Jones, R.J. 1995. Kernel set at low water potential does not vary with source/sink ratio in maize. *Crop Sci.*, 35: 158-163.