

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación de materiales de maíz con tolerancia putativa nueva a estrés de calor en  
Torreón, Coahuila. Ensayo HTW06

Por:

**JESÚS ISIDRO HERNÁNDEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Torreón, Coahuila, México  
Junio de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de materiales de maíz con tolerancia putativa nueva a estrés de calor en  
Torreón, Coahuila. Ensayo HTW06

Por:

**JESÚS ISIDRO HERNÁNDEZ**

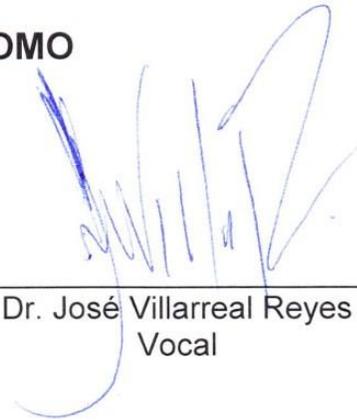
TESIS

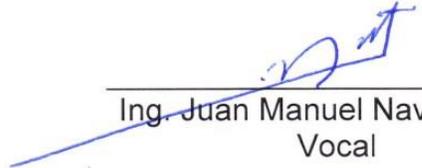
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial  
para obtener el título de:

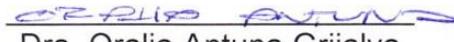
**INGENIERO AGRÓNOMO**

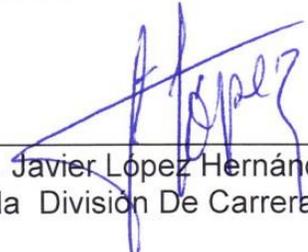
Aprobada por:

  
M.C. José Luis Coyac Rodríguez  
Presidente

  
Dr. José Villarreal Reyes  
Vocal

  
Ing. Juan Manuel Nava Santos  
Vocal

  
Dra. Oralia Antuna Grijalva  
Vocal Suplente

  
M.E. Javier López Hernández  
Coordinador de la División De Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Junio de 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de materiales de maíz con tolerancia putativa nueva a estrés de calor en  
Torreón, Coahuila. Ensayo HTW06

Por:

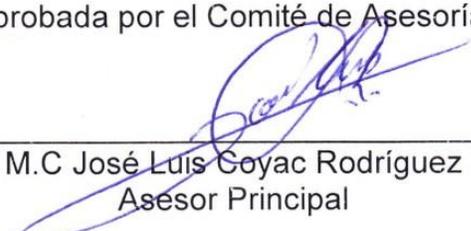
**JESÚS ISIDRO HERNÁNDEZ**

TESIS

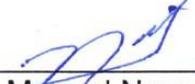
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

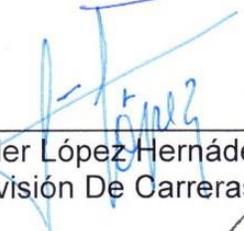
**INGENIERO AGRÓNOMO**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
M.C José Luis Coyac Rodríguez  
Asesor Principal

  
Dra. Oralia Antuna Grijalva  
Coasesor

  
Ing. Juan Manuel Nava Santos  
Coasesor

  
M.E. Javier López Hernández  
Coordinador de la División De Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Junio de 2019



## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis padres**, por todo su apoyo económico, moral, espiritual y por su entrega como padres maravillosos, por sus desvelos, sus sacrificios y esfuerzos por ser mejor cada día.

**A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”**, por darme la oportunidad de realizar mis estudios en ella, por prepararme como un profesional en sus aulas, y darme las bases para enfrentarme al mundo laboral.

**A mi asesor de tesis el M.C. José Luis Coyac Rodríguez**, por brindarme su amistad y su confianza por aceptarme como tesista y sobre todo, por el apoyo en la conducción del presente trabajo.

**A mis Maestros**, por haber compartido sus conocimientos y experiencias profesionales, por haber sido uno de los eslabones que me ayudo a forjarme profesionalmente.

## II DEDICATORIA

**A mis papás,** Porque hacen que todo sea posible, por su apoyo incondicional, su gran amor, paciencia y tolerancia, por haberme dado el regalo más grande que es la vida, por acompañarme en el camino y porque sé que lo seguirán haciendo hasta el final. Los amo nunca lo duden y de verdad GRACIAS.

**A mis hermanas,** Porque también son mis amigas y me escuchan, por su apoyo y respeto y porque son maravillosas y sólo con verlas sonreír me sacan una sonrisa.  
Las adoro

### III RESUMEN

El déficit hídrico es una de las limitaciones ambientales más grandes de la productividad de los cultivos agrícolas. Se plantea que cerca del 10 % de la superficie del planeta está afectada por estreses hídricos, y muchas hectáreas de tierras son abandonadas constantemente por causa de los mismos. La principal causa de la baja productividad en campo es la sequía, y como la mayoría de métodos para contrarrestarle son costosos e inasequibles para los agricultores de bajos recursos, se ha encontrado que el mejoramiento genético es la opción más económica para incrementar o estabilizar la producción de maíz común en condiciones de sequía. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar líneas de maíz provenientes de cruces, con el fin de seleccionar líneas tolerantes a estrés hídrico. La hipótesis del trabajo planteada es que Dentro de la gran diversidad genética de razas del Banco de Germoplasma de Maíz de CIMMYT hay accesiones con potencial para contener nuevos alelos de tolerancia a estrés por altas temperaturas y sequia o ambas.

En el Rancho El Retiro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se evaluaron las variables días a floración femenina y floración masculina para conocer el efecto de dos niveles de riego (riego Normal y riego restringido). Se establecieron 72 mestizos, provenientes de razas de maíz cruzadas con materiales elite tolerantes a sequía.

En el análisis combinado para la variable días a floración masculina no se observaron diferencias entre híbridos ni entre niveles de riego. Para el caso de la

variable días a floración masculina si se observaron diferencias para los niveles de riego, lo cual indica que esta variable si se ve afectada.

**Palabras Clave:** Sequía, Estrés, Floración, Germoplasma, Tolerancia, Maíz

# INDICE

|  |     |
|--|-----|
| AGRADECIMIENTOS .....  | i   |
| II DEDICATORIA .....   | ii  |
| III RESUMEN.....   | iii |
| INTRODUCCIÓN .....   | 1   |
| REVISIÓN LITERATURA .....  | 4   |
| 5.1 Cambio climático .....                                       | 4   |
| 5.2 Inundaciones .....   | 18  |
| 5.3 Altas temperaturas .....                                     | 23  |
| 5.4 Efectos del cambio climático en la producción agrícola ..... | 26  |
| 5.5 Importancia del maíz .....                                   | 30  |
| 5.5.1 A nivel mundial .....                                      | 30  |
| 5.5.2 A nivel nacional .....                                     | 35  |
| 6 MATERIALES Y MÉTODOS.....                                      | 38  |
| 6.1 Ubicación geográfica del experimento.....                    | 38  |
| 6.2 Material genético .....                                      | 38  |
| 6.3 Diseño experimental .....                                    | 39  |
| 6.4 Preparación del terreno .....                                | 39  |
| 6.5 Siembra mecanizada .....                                     | 40  |
| 6.6 Riego por cintilla .....                                     | 41  |

|       |                                     |    |
|-------|-------------------------------------|----|
| 6.7   | Fertilización .....                 | 41 |
| 6.8   | Control de plagas .....             | 42 |
| 6.9   | Recolección de datos .....          | 42 |
| 6.9.1 | Densidad Final.....                 | 43 |
| 6.9.2 | Altura de la mazorca .....          | 43 |
| 6.9.3 | Acame de raíz.....                  | 44 |
| 6.9.4 | Acame de tallo .....                | 44 |
| 6.9.5 | Plantas sin Mazorcas (Jorras) ..... | 44 |
| 6.9.6 | Rendimiento final .....             | 44 |
| 7     | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....         | 46 |
| 7.1   | Análisis de varianza .....          | 46 |
| 7.2   | Comparación de medias .....         | 48 |
|       | LITERATURA .....                    | 55 |

## ÍNDICE DE CUADROS.

|  | Pág.      |
|--|-----------|
| <b>Cuadro 1. Fertilización .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>Cuadro 2. Cuadrados medios de análisis combinado y por ambientes, para las variables Días a Floración Femenina (FF), y Días a Floración Masculina (FM).....</b> | <b>46</b> |
| <b>Cuadro3. Valores medios de Floración Femenina y Floración Masculina, para un análisis combinado, y por ambientes.....</b>                                       | <b>49</b> |

## VI INDICE DE FIGURAS

|   | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Producción de maíz en el Estado de Chihuahua 2001-2011.....           | 32   |
| Figura 2. Producción de maíz temporal en el Estado de Chihuahua 2001-2011. .... | 33   |
| Figura 3. Producción de maíz de riego en el Estado de Chihuahua 2001-2011. .... | 34   |

## INTRODUCCIÓN

El déficit hídrico es una de las limitaciones ambientales más grandes de la productividad de los cultivos agrícolas. Se plantea que cerca del 10 % de la superficie del planeta está afectada por estreses hídricos, y muchas hectáreas de tierras son abandonadas constantemente por causa de los mismos. Casi todos los investigadores piensan que el Maíz es y fue la base para la creación de centros de civilización en el México antiguo; su cultivo sigue siendo el más importante no solo en México, sino en toda América y el resto del mundo. En la actualidad es el tercer cultivo en importancia mundial; se cultiva en una superficie total de 106 millones de hectáreas. Su producción mundial es de 215 millones de toneladas, lo que representa un promedio de dos toneladas por hectárea (Frahm, 2004).

Sin embargo, se ha estimado que los cultivos son sembrados bajo el riesgo de una sequía intermitente o terminal (Miklas y Singh, 2007).

Por lo anterior, la principal causa de la baja productividad en campo es la sequía, por lo cual se han implementado diferentes técnicas para contrarrestar los efectos de la misma como: riego suplementario y algunas prácticas agronómicas. Sin embargo, han sido de poca utilidad ya que el alto costo de la infraestructura necesaria, y la ausencia de agua para riegos y rubros asociados, impiden que los agricultores de bajos recursos accedan a estas prácticas. Por tal motivo el mejoramiento genético se ha convertido en la mejor opción en términos económicos, ecológicos y de sostenibilidad para incrementar y/o estabilizar la producción de maíz en condiciones de sequía (Rosales-Serna *et al*, 2000).

La principal causa de la baja productividad en campo es la sequía, y como la mayoría de métodos para contrarrestarle son costosos e inasequibles para los agricultores de bajos recursos, se ha encontrado que el mejoramiento genético es la opción más económica para incrementar o estabilizar la producción de maíz común en condiciones de sequía. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación fue obtener líneas de maíz provenientes de cruzas, con el fin de seleccionar líneas tolerantes a estrés hídrico.

La sequía es el factor que más afecta a los cultivos agrícolas, tanto a nivel mundial como al nivel nacional y su grado de afectación puede ser ligero, solo reduciendo la producción agrícola o bien severa, donde se pierde toda la producción. Por la anterior circunstancia, desde el inicio del siglo se han emprendido estudios para conocer los efectos de la sequía sobre las plantas y la producción. Por ello se han investigado varias técnicas, que permitan detectar cultivos con cierta tolerancia.

Sin embargo, son muchas las técnicas propuestas y no hay una que esta universalmente aceptada, ya que todas presentan algunas ventajas, pero a la vez, tienen muchas desventajas. En la actualidad, estas técnicas se pueden clasificar en: técnicas de laboratorio, de invernadero y de campo. En las dos primeras se tiene control sobre las condiciones ambientales y en la última no se puede tener control sobre ellas, por eso; tanto en las técnicas de laboratorio y de invernadero se tienen muchas desventajas, ya que resultan muy costosas y en las técnicas de campo son imprecisos sus resultados (Frahm, 2004).

Los forrajes son la principal fuente de alimentación del ganado en los sistemas de producción. Sin embargo, la degradación del suelo y la sequía intermitente son

graves en la región y la seguridad alimentaria no puede mantenerse sin la conservación y el mejoramiento de la calidad del suelo y el aprovechamiento eficiente del agua. Para ayudar a resolver este problema, se realizó un estudio para evaluar la respuesta de maíz, a estrés hídrico.

En este trabajo se pretende identificar variedades de maíz que permite adaptarse o tolerar el estrés por déficit hídrico. Estas respuestas incluyen modificaciones en el crecimiento, el desarrollo de las plantas, fechas de floración, escape a la sequía, entre otros mecanismos fisiológicos.

**Objetivo** Objetivo general Evaluar el comportamiento de diferentes variedades de maíz para determinar si en estos materiales existen nuevos alelos para tolerancia a estrés, sequía y altas temperaturas.

**Objetivos específicos** a) Identificar razas adecuadas para ensayar en ambientes propios de estrés por calor y sequía. b) seleccionar las mejores cruzas con líneas elites y obtener F1 de las cuales derivar líneas que incorporen alelos de tolerancia a las altas temperaturas. **Hipótesis** Dentro de la gran diversidad genética de razas del Banco de Germoplasma de Maíz de CIMMYT hay accesiones con potencial para contener nuevos alelos de tolerancia a estrés por altas temperaturas y sequia o ambas.

## REVISIÓN LITERATURA

### 1.1 Cambio climático

El sistema climático está compuesto principalmente por: a) la atmosfera, b) los océanos, c) las biósferas terrestres y marinas, d) la criósfera (hielo marino, cubierta de nieve estacional, glaciares de montañas y capas de hielo a escala continental) y e) la superficie terrestre. Estos componentes actúan entre si y como resultado de esa interacción colectiva, determinan el clima de la superficie de la tierra.

Se define clima de un lugar determinado como el tiempo medio o como la descripción estadística del tiempo, en términos del promedio y la variación de ciertas magnitudes importantes durante periodos de varios decenios (IPCC, 1997).

El incremento en la concentración de gases de efecto invernadero es tal que parece inevitable que se presenten cambios en el clima, los cuales forzarán al sector agrícola a tomar medidas de adaptación. Sin embargo, las capacidades de adaptación son limitadas y por lo tanto es muy probable que el cambio climático afecte la disponibilidad y acceso a alimentos e incremente la volatilidad de los precios.

Las concentraciones de gases de efecto invernadero han alcanzado niveles que no se habían presentado en la tierra en por lo menos 800 000 años; la evidencia apunta a que las tasas aceleradas a las que dichos gases han crecido desde 1750 se deben principalmente a la actividad humana. Esto ha derivado en un aumento

de la temperatura promedio de la tierra de  $0.85^{\circ}\text{C}$  en el periodo 1880-2012; en el Hemisferio Norte el periodo 1983-2012 fue probablemente el periodo más caluroso de los últimos 1400 años (Stocker *et al*, 2013).

A lo largo del siglo XXI, los efectos del cambio climático reducirán el crecimiento económico, complicarán los esfuerzos por reducir la pobreza y afectarán la seguridad alimentaria. Los efectos no serán uniformes entre países ni al interior de los mismos; dependerán en gran medida de las condiciones locales, tanto climáticas como de otro tipo, y de cómo dichas condiciones se modifiquen con el tiempo en respuesta al cambio climático y a otros fenómenos como el crecimiento económico (Mendelsohn y Dinar, 1999). En términos económicos es muy probable que el sector agrícola sea el más afectado por los efectos negativos del cambio climático (Fischer *et al.*, 2005).

Igualmente, el clima mundial ha cambiado desde la época preindustrial, donde la temperatura se ha incrementado en un  $0.3$  a  $0.6^{\circ}\text{C}$  (Chakraborty, *et al* 2000), mientras que el IPPC predice con el actual escenario de emisiones, la temperatura media mundial podría aumentar entre  $0.9$  y  $3.5^{\circ}\text{C}$  para el año 2100, sin embargo, hay muchas incertidumbres que influyen en estas predicciones (Chakraborty *et al.*, 2000; González y Velasco, 2008; IPCC, 2007).

Para Andrade (2008) tres décadas de datos globales no son suficientes para entender a cabalidad variaciones más lentas en el clima de la Tierra, sin que esto signifique, que como humanidad no conozcamos lo suficiente para establecer ciertas conclusiones del análisis de los cambios medios de anomalías de temperatura y precipitación asociadas a desviaciones extremas, que producen un

aumento de temperatura y precipitación, esto es producto del calentamiento global del planeta (Gbetibouo y Hassan, 2005; IPCC, 2007).

Por lo que, el calentamiento del sistema climático es inequívoco como resulta evidente de las observaciones de incremento en la temperatura media global del aire y del mar, el derretimiento generalizado del hielo y nieve, y el incremento del nivel medio del mar (Qiu *et al*, 2012; Torres, 2010), las precipitaciones pluviales, sequías prolongadas y bajas temperaturas, todas estas con mayor incidencia que antes, esto es lo que se denomina anomalías, es decir están fuera del promedio (Vanesa, 2004).

Asimismo, Chang (2002) determinó impacto potencial del cambio climático en el rendimiento del sector agrícola mediante el modelo de precios endógenos bajo diferentes escenarios de cambio climático, mientras para Crane (2011) la mayoría de los estudios sobre cambio climático se ocupan de los impactos potenciales y su adaptación, ya que el rendimiento del cultivo es más sensible a la precipitación que a la temperatura (Ficklin, *et al* 2010). Además, el clima ha estado cambiando en estas tres últimas décadas, y seguirá cambiando, independientemente de cualquier estrategia de mitigación. Y la agricultura es una actividad dependiente del clima y por lo tanto es muy sensible a los cambios climáticos y a la variabilidad del clima (Ramírez, *et al* 2010).

Este Cambio puede afectar a la agricultura en diversas formas, por ejemplo tiende a reducir el rendimiento, debido a que se acelera el proceso de las cosechas, con lo cual se reduce la producción de granos (Cline, 2007).

### Sequía

El término sequía no posee una única definición. Debido a ello, a continuación, se presenta qué entienden por sequía distintos autores. Para Campillo (2003), sequía se relaciona con la escasez del agua, por lo que no sólo hay que considerar oferta, sino que también la demanda. Por su parte, Fernández *et al.* (1999) la define como “un evento en que la demanda supera a la oferta de agua, generándose un déficit que tiene asociado un daño; si no hay daño, no se habla de sequía, aun cuando haya déficit”. Varios autores coinciden con la definición de sequía utilizada por Salas (1978): “una condición de déficit del recurso agua, suficiente para tener efectos adversos sobre la vegetación, los animales o el hombre y su actividad en una determinada región”.

Para Casanova (2006), las sequías se determinan en función de la media anual de las precipitaciones, pero también dependen de la demanda de agua de la zona. Es así que niveles de precipitación inferiores a la media pueden no representar necesariamente a una sequía. Por ejemplo, en zonas de lluvias abundantes, una disminución del 50% tiene el potencial de afectar fuertemente el caudal de los ríos, pero apenas afectar la producción agrícola. Para este autor, la sequía climatológica se basa en pautas geográficas y estadísticas complejas.

En cambio, la sequía agrícola se produce cuando la disponibilidad de agua no logra satisfacer las necesidades tanto del ganado, como de los cultivos. Por su parte Badilla y Cuadrado (1977) hablan de sequía si “la situación que se presenta cuando la disponibilidad de recursos hídricos en una zona determinada, no son suficientes para satisfacer los requerimientos normales del consumo humano, animal, vegetal e industrial”, situación que puede deberse a lluvias de cuantía deficiente o por una distribución de las precipitaciones que no se ajusta a lo usual. Finalmente, La Red (2003) define sequía como “una temporada anormalmente seca, sin lluvias o con déficit de lluvias.

En general se trata de períodos prolongados (meses, años, incluso decenios), que pueden ocurrir en áreas continentales restringidas o a escalas regionales”.

Sequía agrícola, cuando “la disponibilidad de agua a escala agrícola es menor a las necesidades de los cultivos” (Molina, 2000). Según la UEA (2003), en una sequía agrícola “la cantidad de precipitaciones y su distribución, las reservas de agua y las pérdidas debido a la evaporación del suelo y uso por consumo de las plantas se combinan para causar disminuciones significativas en el rendimiento y/o pérdidas totales de los cultivos, además pueden causar disminución de peso y en casos extremos causar la muerte del ganado. La disponibilidad de agua para el consumo humano de la ruralidad es mínima o sencillamente se agota.

Kramer (1980), expresa que esta definición es la más aceptada “la sequía es un estrés ambiental de suficiente duración, para producir un déficit o estrés de agua en la planta, el cual causa disturbios en los procesos fisiológicos”.

Fischer *et al.*, (1984), ve desde dos puntos la resistencia a la sequía. En el sentido agrícola; se refiere a la capacidad de una planta cultivada, para rendir su producto económico con agua disponible limitada. Visto desde un concepto evolutivo sería; la capacidad de una planta o especie para sobrevivir y eventualmente reproducirse bajo humedad limitada.

La sequía afecta negativamente al desarrollo y rendimiento de cultivos; el grado de afectación depende de su intensidad, del genotipo y de la interacción entre estos.

Aproximadamente el 85 % de las tierras emergidas de nuestro planeta están sometidas a la acción de la sequía, y esta falta de agua para las actividades humanas, se ha convertido en uno de los principales problemas a nivel mundial (Pérez, 2007).

Las sequías son un fenómeno natural recurrente de carácter regional, cuyos efectos negativos pueden ser aminorados si son detectadas oportunamente y tienen un monitoreo adecuado.

Las sequías se originan por una disminución en la precipitación normal que ocurre en un área y que se extiende por un lapso amplio, comúnmente una estación o varios años, con resultados que causan un déficit en el abastecimiento

para una actividad, un grupo o un sector ambiental. Generalmente, los efectos de una sequía son exacerbados por el incremento en las demandas de agua potable, riego para la agricultura y otros usos. Una vez iniciada la sequía es relativamente fácil reconocer sus impactos en los usuarios del agua, generándose progresivamente déficits meteorológicos e hidrológicos que producen sequías agrícolas y socioeconómicas (Cacciamani *et al.*, 2007; Sene, 2010).

Las pruebas de laboratorio donde las condiciones ambientales pueden ser controladas son los métodos más satisfactorios para evaluar la resistencia a sequía en variedades de maíz. Por lo tanto, el déficit hídrico provocado por la ausencia de lluvias durante el año hace que este factor sea estudiado no solamente en el campo de cultivo sino también, bajo condiciones de laboratorio, así se han encontrado que las plantas tolerantes a sequía bajo condiciones de campo son frecuentemente dudosas debido a las constantes fluctuaciones del medio ambiente, ya que dichas pruebas deberán completarse con técnicas bajo condiciones de laboratorio (Kilen y Andrew, 1969).

Las plantas del maíz al crecer bajo estas condiciones de estrés se ven afectado enormemente su crecimiento, su establecimiento, la extensión de la hoja, área foliar, y el inicio de los meristemos reproductivos, así como la calidad de grano la sequía afecta la producción del maíz variando en las diferentes etapas de crecimiento afectando la materia seca y la producción de grano (Thakur y Rai, 1984; Hetrick *et al.*, 1987; Hall, 1988 y Sinclair *et al.*, 1990). Lo mismo se observa en los procesos fisiológicos que se ven afectados en mayor a menor grado, su

efecto depende de la intensidad, frecuencia y duración del equilibrio, así como el estado de crecimiento y desarrollo de la planta (Sivori *et al*, 1980).

También se han encontrado cambios morfológicos de adaptación al déficit hídrico, como el área foliar que disminuye, y la longitud y profundidad de raíces que son mayores bajo este factor. Los vegetales que resisten sequía poseen algunos mecanismos, como un sistema radicular profundo y bien ramificado (Turner y Begg, 1981; Sullivan, 1983; Schulze, 1986).

La sequía induce cambios bioquímicos en plántulas de maíz. El incremento en esteróles libres y su descenso en fosfolípidos en hojas bajo estrés hídrico condicionan la formación del esteroide: fosfolípido molar los aminoácidos como la prolina, leucina, isoleucina, arginina, glutamina y el contenido de ácido alfa-aminobutírico en hojas y raíces de maíz aumentaron con el incremento del estrés de humedad del suelo. En forma específica el aminoácido prolina puede ser usado como indicador de resistencia a sequía en maíz y frijol (Nir *et al.*, 1970; Patil *et al.*, 1984; Kapoya *et al.*, 1985; Grzesiak, 1991).

La sequía afecta la producción agrícola en cerca del 60% de las tierras de los trópicos (Sánchez, *et al* 1977). Las sequías reducen los rendimientos del maíz en cerca de 15% anualmente en las tierras bajas tropicales y subtropicales, llegando a causar pérdidas estimadas en 16 millones de toneladas de grano (Edmeades, *et al* 1992).

La sequía restringe la fotosíntesis tanto por limitaciones en los estomas o por limitaciones bioquímicas. La señal directa para el cierre de los estomas no se conoce clara-mente 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 conductibilidad estomatal y en el contenido de agua de la hoja, son consistentes con los datos observados en el maíz (Tardieu y Davis, 1993).

Cuando la sequía ocurre durante el establecimiento del cultivo las plántulas mueren y su población se reduce; como el maíz tiene una escasa capacidad para producir macollos productivos, el cultivo no puede compensar el efecto de la sequía, aun cuando las lluvias sean adecuadas en el resto de la estación.

Las sequías cercanas a la época de floración tienen un efecto multiplicador sobre el rendimiento, aparentemente porque reducen la formación de reservas. El número de granos 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 muy sensible al contenido de agua de la planta y su emergencia se demora con la sequía; la ejerción de la panoja y el derrame del polen son menos afectados por el menor contenido de agua de la

planta, aunque los últimos estambres que emergen pueden no ser polinizados. 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. Si los estambres de plantas bajo estrés hídrico son polinizados después de los cuatro días de la emergencia de las espigas, probablemente no permitan el crecimiento del tubo polínico ya que entran en un período de senescencia natural.

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 carbono 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.

Si la sequía ocurre durante el llenado del grano, la velocidad y la duración del período de llenado decrecen; esto ocurre a causa de una reducción en la fotosíntesis y una aceleración de la senescencia foliar. El estrés del llenado del grano por lo general ocurre cuando las lluvias terminan temprano, en comparación con otros años; las variedades de madurez temprana pueden evitar tal estrés, pero a costa de una pérdida de potencial de rendimiento en los años de buenas

lluvias. El estrés de sequía es común en más de la mitad del área donde se usan cultivares de maíces tropicales de zona baja, lo que indica que la posibilidad de escapar a la sequía, aún con el uso de variedades de madurez temprana, puede ser limitada.

El estrés durante el período de llenado del grano es menos dañino y resulta en un llenado parcial del grano, acompañado a menudo por vuelco. El vuelco ocurre porque muchas de las reservas de carbohidratos del tallo se movilizan hacia el grano cuando la tasa foto-sintética es limitada por el estrés de humedad (Zinselmeier, *et al* 1995).

Los forrajes de temporal son la principal fuente de alimentación del ganado en los sistemas de producción de lechería familiar en el altiplano semiárido del Centro Norte de México. Sin embargo, la degradación del suelo y la sequía intermitente son graves en la región y la seguridad alimentaria no puede mantenerse sin la conservación y el mejoramiento de la calidad del suelo y el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia (Guevara *et al* 2005).

El déficit hídrico es una de las limitaciones ambientales más grandes de la productividad de los cultivos agrícolas. Se plantea que cerca del 10 % de la superficie del planeta está afectada por estreses hídrico y salino, y muchas hectáreas de tierras son abandonadas constantemente por causa de los mismos (Frahm, 2004).

Aproximadamente el 85 % de las tierras emergidas de nuestro planeta están sometidas a la acción de la sequía, y esta falta de agua para las actividades humanas, se ha convertido en uno de los principales problemas a nivel mundial (Pérez, 2007).

Las plantas responden al estrés hídrico desarrollando adaptaciones evolutivas tanto a nivel morfológico, anatómico y celular, que les permiten vivir en condiciones de constante estrés hídrico (Witcombe, 2008). Ellas también poseen mecanismos de aclimatación que se activan en respuesta a estrés hídrico (Nilsen, 1996).

Cuando el déficit hídrico se desarrolla lentamente, se dan cambios en procesos de desarrollo que tienen varios efectos sobre el crecimiento. La limitación de la expansión foliar es uno de los procesos más afectados en estas condiciones, pues de ella depende la fotosíntesis.

Otro proceso que se modifica es el crecimiento radicular. Se plantea que este es uno de los sitios primarios de percepción del daño. Las raíces son un órgano clave para la adaptación a la sequía. En muchas circunstancias la sensibilidad de las raíces al estrés limita la productividad de las plantas (Stepuhn, 2005, Labate, 2007).

La disponibilidad de agua afecta la relación entre el crecimiento de la parte aérea y la raíz; la raíz continúa su desarrollo mientras que la parte aérea deja de crecer por causa del estrés.

Así, las plantas son capaces de continuar el desarrollo de sus raíces en búsqueda de agua en zonas más profundas del suelo (Potters, 2007, Kavar, 2007, Dinneny, 2008 y Boursiac, 2008).

La división celular, aunque resulta afectada por el estrés hídrico, normalmente es menos sensible que la expansión celular. Además de una inhibición del crecimiento, el déficit hídrico modifica el desarrollo y la morfología vegetal como cambios en la relación raíz/parte aérea (Kavar, 2007).

En general, el déficit hídrico afecta cada aspecto del crecimiento de la planta que involucra a la anatomía, morfología, fisiología y bioquímica. Entre los efectos generales más obvios de estrés hídrico son los fallos en la germinación, la reducción en la altura de la planta, área foliar y rendimiento del cultivo.

La mayoría de los cultivares comerciales son sensibles a este estrés abiótico durante todas las etapas de desarrollo de la planta, de ahí que la mejora genética al estrés hídrico sea una tarea ardua que se ha venido desarrollando durante décadas (Peleg, 2011).

La principal causa de la baja productividad en campo es la sequía, y como la mayoría de métodos para contrarrestarle son costosos e inasequibles para los agricultores de bajos recursos, se ha encontrado que el mejoramiento genético es

la opción más económica para incrementar o estabilizar la producción de maíz común en condiciones de sequía. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación fue obtener líneas de maíz provenientes de cruzas, con el fin de seleccionar líneas tolerantes a estrés hídrico.

Por lo anterior, la principal causa de la baja productividad en campo es la sequía, por lo cual se han implementado diferentes técnicas para contrarrestar los efectos de la misma como: riego suplementario y algunas prácticas agronómicas.

Sin embargo, han sido de poca utilidad ya que el alto costo de la infraestructura necesaria, la ausencia de agua para riegos y rubros asociados, impiden que los agricultores de bajos recursos accedan a estas prácticas. Por tal motivo el mejoramiento genético se ha convertido en la mejor opción en términos económicos, ecológicos y sostenibilidad para incrementar y/o estabilizar la producción de maíz en condiciones de sequía (Rosales-Serna *et al.* 2000).

Mejorar para déficit hídrico no es una tarea fácil, ya que éste se considera como un carácter de herencia cuantitativa. Por lo que, para tener mayor avance en el mejoramiento por resistencia a sequía, se han aplicado diferentes índices de selección, Así se tiene el propuesto por Fischer, *et al.* (1984); Fischer y Maurer (1978); Fernández (1992); Muñoz y Rodríguez (1988), entre otros.

La sequía afecta negativamente al desarrollo y rendimiento de cultivos; el grado de afectación depende de su intensidad, del genotipo y de la interacción entre estas regiones (Aguilar, 2012).

Por otra parte, se conoce que el estrés hídrico limita el crecimiento y la productividad de los cultivos, especialmente en áreas áridas y semiáridas (Farooq *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2009). La sequía es considerada como uno de los mayores desastres naturales del mundo, el más frecuente y persistente, el de mayor efecto negativo para la producción agrícola, y también como la causante de impactos adversos reales sobre el medioambiente (World Meteorological Organization, 1994).

## **1.2 Inundaciones**

Entre las diversas amenazas naturales que con frecuencia impactan las áreas urbanas, destacan las de origen hidrometeorológico, sobre todo precipitaciones intensas, de corto tiempo y las provocadas por los ciclones tropicales, las cuales, al vincularse con la dinámica del proceso de ocupación urbana, favorecen el riesgo de desastre por inundaciones. Cabe señalar que el problema aumenta rápidamente y sus consecuencias se manifiestan en pérdidas económicas, daños materiales y humanos.

Las inundaciones no son un fenómeno reciente. Por ejemplo, se tiene registro del diluvio universal, que más allá de tintes religiosos ha sido estudiado científicamente, generando varias teorías para su explicación. Sin embargo, es lógico pensar que la información sobre inundaciones es más abundante y está mejor documentada en los últimos años, lo cual no es así.

Dentro de la búsqueda de acciones que intentan disminuir el impacto de las inundaciones, se han realizado innumerables investigaciones. Sin embargo, la mayoría de éstas se ven disgregadas entre las instituciones que llevan a cabo dichas investigaciones, de acuerdo con el área del conocimiento en la que se encuentra ubicada, además pocas veces se conjuntan los resultados haciendo que sea difícil obtener un documento sólido e integral que ayude a cumplir dicho objetivo.

En lo que respecta a inundaciones se puede definir, como la circunstancia en que en un momento y en un lugar determinados el agua ocupa una superficie donde su presencia y su cantidad no son habituales.

La OMW (Organización Meteorológica Mundial), de acuerdo con el glosario internacional de hidrología establece que una inundación “es el aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce”; definiendo el nivel normal como el tirante que alcanza el agua en su cauce definido. Por su parte el CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres) en su fascículo de inundaciones se establece como “el evento en que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica resulta en un incremento del nivel de la superficie libre del agua de los ríos o del mar, la cual penetra hacia sitios en donde usualmente no la hay, generando daños en la población, la agricultura, la ganadería y la infraestructura”.

Las inundaciones se producen principalmente por la ocurrencia de lluvias intensas prolongadas y por fallas en estructuras hidráulicas, como sucede durante las tormentas tropicales y el paso de huracanes, unido a dificultades locales en el drenaje provocado por diferentes causas, principalmente por la acción negligente de las personas. La magnitud de las inundaciones son función de la distribución espacial y temporal, del tamaño de las cuencas hidrológicas en el que tiene lugar y depende de las características del suelo, la infiltración, el drenaje natural o artificial de las cuencas y el contenido de humedad en el suelo.

Los daños de las inundaciones se evalúan con base en la susceptibilidad de una comunidad a presentar un alto grado de vulnerabilidad. Esta vulnerabilidad depende de varios factores, como son: físicos, definido por la ubicación, aspecto social, referidos al nivel de bienestar y marginación de la población, económico, que depende de la reserva monetaria, deudas, acceso al crédito y seguros, aspectos ecológicos, protección de la 7 reserva ecológica y la biodiversidad. Ello hace la necesidad de hacer un manejo adecuado de éste conjunto de factores y procesos para anticiparse, hacer frente, resistir y recuperarse de la ocurrencia del peligro (Cruz, 2009).

En América Latina, producto del Cambio Climático, se espera una disminución de la producción agrícola para varios tipos de cultivos de diferentes países. Uno de los efectos del Cambio Climático que más perjudicará a la agricultura es el aumento en la ocurrencia y magnitud de fenómenos extremos como sequías y lluvias extremas (IPCC, 2007).

Aunque el planeta ha experimentado un incremento exponencial en las pérdidas humanas por desastres naturales (Neil *et al.*, 2003), persisten los debates sobre el aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos, más aún si se puede atribuir al cambio climático; el incremento en la ocurrencia de huracanes, frentes fríos, inundaciones y sequías (Houghton *et al.*, 1996).

Los impactos de la variabilidad del clima se han sentido significativamente en la agricultura, ganadería, el suministro de agua y la generación de energía, afectando social y económicamente a las comunidades alrededor del mundo.

En las fases de planeación y manejo de los recursos hídricos se considera que los procesos hidrológicos son invariantes en el tiempo y donde el pasado se asume como representativo del futuro. Sin embargo, tal consideración de estacionariedad puede ser no válida debido a la variabilidad natural y los cambios antropogénicos inducidos en el sistema climático (Milly *et al.*, 2008).

México es un país tradicionalmente agrícola que cuenta potencialmente con 30 millones de hectáreas con vocación agrícola, que constituye 15% de su superficie total. Anualmente se cultivan en promedio, cerca de 20 millones de hectáreas que representa un promedio de 70% de la superficie agrícola potencial, con un rango de variación anual de 60% a 85% de dicha superficie. La mayor parte de la agricultura se practica bajo condiciones de temporal, totalizando 75% la superficie anualmente establecida (INEGI, 2009).

Siendo la siembra de maíz el principal cultivo en donde cerca de 85% de la superficie de labor se produce mayoritariamente bajo condiciones de temporal. A pesar de ser un país maicero, México enfrenta un grave problema de

autosuficiencia de maíz, importando anualmente de 3 a 7 millones de toneladas de las 20 a 26 millones que consume (periodo 1995-2003). Los rendimientos de maíz son bajos con respecto a los potenciales, el rendimiento promedio nacional para riego es  $5.2 \text{ t ha}^{-1}$  y  $2 \text{ t ha}^{-1}$  para temporal (Muñoz y Hernández, 2004). Esto muestra las diferencias tecnológicas, edáficas y climáticas de las zonas maiceras de México, siendo el maíz un cultivo muy sensible al estrés hídrico más que otras gramíneas como trigo o sorgo.

La agricultura representa una actividad esencial para el desarrollo del país y la seguridad alimentaria, por ello, es de interés nacional caracterizar su riesgo frente a la variabilidad climática con el propósito de contar con instrumentos cuantitativos de apoyo para definir políticas públicas que identifiquen las regiones agrícolas de alta vulnerabilidad climática. La estimación espacial y temporal de los recursos hídricos disponibles de una región agrícola es la base para una planificación sustentable. La necesidad de estudiar la variabilidad climática, en particular de la lluvia, es crucial en las ciencias agrícolas. Como lo comentó Rolando García sobre la variabilidad del clima: "lo único constante del clima es su variabilidad" (Garduño, 2004).

Caracterizar la vulnerabilidad climática de la agricultura de temporal demanda el conocimiento de las variables de la estación lluviosa. La mayor parte del país presenta una estación lluviosa bien definida, principalmente en verano, concentrada de mayo a octubre (García, 2003). En efecto, Mosiño y García (1974) reportaron que 70% de la precipitación en México se presenta de mayo a octubre. Por el carácter estacional y variabilidad de la precipitación en las principales zonas

maiceras bajo agricultura de temporal, las fechas de inicio y término de la temporada de lluvia son de gran importancia para hacer coincidir el ciclo del cultivo con el mejor periodo de lluvias para alcanzar el mayor potencial productivo.

El aumento irrestricto de las emisiones de gases está subiendo la temperatura del planeta. Las consecuencias incluyen el derretimiento de glaciares, el aumento de las precipitaciones y de la frecuencia de eventos meteorológicos extremos, y modificaciones en las estaciones del clima. El ritmo acelerado de cambio climático, junto con el aumento de la población y de los ingresos a nivel mundial, amenaza la seguridad alimentaria en todas partes. La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático. El aumento de las temperaturas termina por reducir la producción de los cultivos deseados, a la vez que provoca la proliferación de malas hierbas y plagas.

Los cambios en los regímenes de lluvias aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo. Aunque algunos cultivos en ciertas regiones del mundo puedan beneficiarse, en general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria mundial (Ati *et al*, 2002).

### **1.3 Altas temperaturas**

Las plantas como seres vivos, se consideran como aparatos meteorológicos registradores, sensibles a diversos elementos del clima. La fenología estudia la secuencia temporal de las distintas fases periódicas de las plantas y sus

relaciones con el clima y el tiempo atmosférico; fases como: aparición de las primeras hojas, floración, maduración de los frutos, etc., tienen relación con las condiciones prevalecientes de temperatura y la oportuna cantidad de precipitación (Taiz y Zeiger, 2006; Villers *et al*, 2009).

Así se tiene que cada planta presenta límites mínimos, óptimos y máximos; algunas son susceptibles a las temperaturas altas en las primeras fases fenológicas y posteriormente pueden resistir altas temperaturas, otras suspenden funciones al estar en condiciones de bajas temperaturas. Igualmente la oportuna cantidad de agua es vital; una precipitación excesiva en las primeras fases de vida es perjudicial por afectar los retoños, si está acompañada de granizo y se presenta durante la floración y fructificación causará bajas en la producción.

Contrariamente se pueden presentar condiciones de sequía, con lo cual, los cultivos manifiestan cambios en la acumulación de biomasa, en los procesos de asimilación primaria, entre otros y finalmente en el rendimiento (Taiz y Zeiger, 2006).

Dentro de las fases fenológicas de las plantas, se reconoce la sensibilidad e importancia que poseen la floración y desarrollo del fruto a los cambios climáticos (Bradley *et al*, 1999; Beaubien y Freeland, 2000; Peñuelas y Filella, 2001).

Sus efectos son irreversibles en diversos sistemas naturales y sugieren que a finales del siglo XXI el incremento en la temperatura del planeta con mayor probabilidad será de entre 2 a 5 °C; el nivel del mar podría registrar un aumento de

28 a 43 centímetros y posiblemente se observarán cambios importantes en los patrones de precipitación y en los eventos climáticos extremos; finalmente el cambio climático ya está teniendo una influencia indiscutible sobre muchos de los sistemas biológicos (Peñuelas y Filella, 2001; Villers *et al*, 2009; Sánchez *et al*, 2011).

En términos generales el cambio climático es un tema que causa gran preocupación; algunas evaluaciones de los posibles efectos, particularmente en las fases fenológicas y áreas potenciales del maíz en México, han sido subrayadas por (Conde *et al*, 1997; Ruiz *et al.*, 2000; Alvarado *et al*, 2002; Conde *et al*, 2007). Mismos que sugieren impactos en los rendimientos y reducciones en las superficies aptas.

Entre las condiciones adversas afrontadas por los sistemas agrícolas a nivel mundial, el estrés por altas temperaturas constituye uno de los factores abióticos de mayor impacto en la productividad de las plantas cultivadas.

El estrés térmico afecta directamente el rendimiento de los cultivos, tras la alteración de su óptimo desarrollo, modificando las relaciones hídricas, fundamentalmente la tasa de transpiración, el balance fotosíntesis-respiración, eficiencia del uso de agua (Azcon-Bieto, 2008), la síntesis proteica, la actividad enzimática y en consecuencia disminuyen los rendimientos agrícolas e industriales (Walter, 2013).

#### **1.4 Efectos del cambio climático en la producción agrícola**

El sector agrícola es diverso y está lleno de contrastes; representa una pequeña proporción de la economía mundial pero sigue siendo central para la vida de millones de personas. En 2010, aproximadamente 2 600 millones de personas en el mundo dependían económicamente de este sector (Alston y Pardey, 2014). Alrededor de 40% de la superficie terrestre del planeta está ocupada por la agricultura y la ganadería; aproximadamente 1 500 millones de hectáreas de tierra son utilizadas para plantar cultivos mientras que 3 500 millones se utilizan para pastoreo (Howden, *et al.*, 2007; Alston y Pardey, 2014).

Las variaciones climáticas han existido siempre, en diversas regiones de la tierra; actualmente dichos cambios causan preocupación ya que sus efectos, se traducen en pérdidas de cultivos y su respectivo impacto en el mercado local, regional, nacional e internacional (Kumar y Parikh, 2006).

El comportamiento del clima incide de modo directo sobre el medio natural y prácticamente en todas las parcelas cultivadas por el hombre. De tal manera, que hoy en día los estudios sobre clima no sólo lo consideran como parte del sistema natural, sino también como parte de un sistema que incluye lo económico y lo social (Sánchez *et al.*, 2011)

Concretamente, América Latina posee una elevada vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos, mismos que se agudizarán ante el cambio climático. La Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas, 1992 (UNFCCC) lo define como un cambio en el clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se

suma a la variabilidad natural del clima. Los escenarios son una descripción coherente, de un posible estado futuro del mundo; no es un pronóstico ya que cada escenario es una alternativa de cómo se puede comportar el clima.

Investigaciones realizadas por Gay *et al.* (2006); Palma *et al.* (2008) sugieren que el calentamiento global y los efectos relacionados con los eventos extremos en el clima traerán consigo cambios en el comportamiento de los fenómenos atmosféricos e impactos en las actividades productivas, igualmente podrían traer grandes consecuencias en la producción agrícola.

La relación entre agricultura, reforzamiento del cambio climático y soberanía alimentaria tiene en la actualidad gran significado económico, social y ambiental (Gay *et al.*, 2006).

Existe cada vez mayor conciencia entre especialistas y académicos, los medios, y la población en general, de que la agricultura industrial actual, dominada por los capitales transnacionales, debe ser transformada. Aproximadamente mil millones de personas no satisfacen su derecho a la alimentación, que es un derecho humano fundamental. Se conoce que la causa no es la insuficiente producción alimentaria, sino el predominio de la pobreza, la distribución inequitativa de las riquezas; el control de la producción y el destino de los alimentos y de su acceso: qué se produce, por quienes y para quienes.

De otra parte, la agricultura industrial contribuye significativamente al cambio climático y el calentamiento global, el cual tendrá a su vez efectos que

constituyen futuros riesgos para la producción agropecuaria y el derecho a la alimentación (Gay *et al.* 2006).

El calentamiento del sistema global es inequívoco, desde los años de 1950, muchos de los cambios observados no tienen precedentes por décadas o milenios. La atmósfera y los océanos se han calentado, la nieve y los hielos han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y ha aumentado la concentración de gases de efecto invernadero” (IPCC, 2013: SPM-3). Tal es la enfática conclusión que, sobre las bases de las ciencias físicas, expresa el Grupo I del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), como contribución al V Informe de este conjunto de expertos.

Como evidencias de lo afirmado se señalan los cambios observados en la temperatura de la atmósfera, la superficie terrestre y los océanos; la disminución de la criósfera y el aumento sostenido del nivel de las aguas marinas.

La concentración en la atmósfera de los llamados gases de efecto invernadero (GEI): el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), y los aerosoles (clorofluorocarbonos y otros), altera el balance energético del sistema climático y causa el calentamiento mediante el reforzamiento del efecto invernadero<sup>4</sup>. Causada principalmente por la quema de combustibles fósiles, la concentración en la atmósfera de estos gases ha aumentado hasta niveles sin precedentes en los últimos 800 000 años: alcanzando 391 partes por millón (ppm)<sup>5</sup> (IPCC, 2013).

Diferentes actividades humanas contribuyen a las emisiones de GEI. Según el IV Informe del IPCC, en 2004 el 25.9% del aporte correspondió a la energía, 13,4% a la agricultura 17,45 a la actividad forestal (incluyendo la deforestación), 13,1% al transporte, 7,9% a los edificios residenciales y comerciales y 2,8% a los desechos sólidos y líquidos (IPCC, 2007).

De acuerdo a estos datos, al sector agrícola y forestal correspondió en 2004 más del 30 % de la emisión de GEI (30.8%). Las actividades agrícolas que contribuyen a la emisión de GEI son: el cambio del uso del suelo (aumento de la frontera agrícola, deforestación), emisiones de CH<sub>4</sub> (principalmente por fermentación entérica de los rumiantes, y manejo del agua y fertilizantes en los arrozales), N<sub>2</sub>O (procedente de fertilizantes químicos) y en general el uso de combustibles fósiles que caracteriza a la agricultura industrial, debido a la mecanización y el uso de fertilizantes y pesticidas químicos, así como por la transportación de los productos agrícolas desde los lugares de producción hasta los de comercialización o consumo.

El cambio climático tiene ya y tendrá en el próximo futuro consecuencias para diferentes aspectos sobre los ecosistemas terrestres y la vida en el planeta, incluyendo la de nuestra propia especie; el estudio científico de sus causas y consecuencias tiene especial relevancia ya que existen evidencias de que la emisión de GEI continúa incrementándose.

En ausencia de políticas que puedan regular la emisión de GEI, el continuado ascenso de la temperatura media en la Tierra tendrá impactos en la

disponibilidad de agua, que podría afectar a cientos de millones de personas, pérdida de la biodiversidad (hasta un 30% de las especies en peligro de extinción y blanqueamiento de los corales), disminución del rendimiento en los cereales, pérdida de hasta un 30% de las tierras húmedas costeras y diversos riesgos y daños para la salud humana (IPCC, 2007).

Hacia fines del Siglo XXI, podría llegarse a los 6° C de aumento en la temperatura global en la superficie terrestre (IPCC, 2007: 7). Se prevén así mismo significativos impactos en la agricultura. Para América Latina y el Caribe principalmente sustitución de bosques tropicales por sabanas, disminución de la disponibilidad de agua, menor productividad de cosechas importantes y de la ganadería y en general mayor número de personas en riesgo de padecer hambre (IPCC, 2007).

## **1.5 Importancia del maíz**

### **1.5.1 A nivel mundial**

El maíz es de los granos más demandados a nivel mundial para utilizarse principalmente como ingrediente para la alimentación de distintas especies pecuarias, aunque en algunos casos, es utilizado como alimento para los humanos como es el caso de México, cuya población utiliza el maíz blanco para la

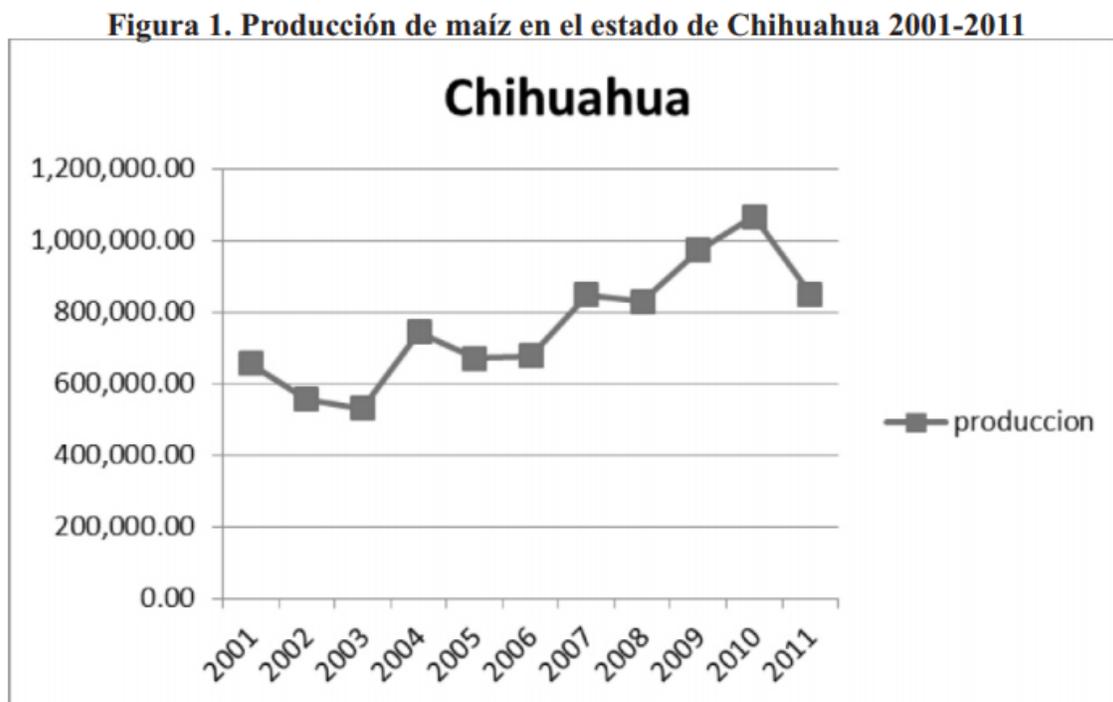
preparación de tortilla y otros productos alimenticios derivados del maíz (SIAP, 2012).

En el mundo la producción de maíz grano en el 2011 fue de 872.9 millones de toneladas (m) y se espera que la producción incremente a 917 m para el 2012-2013. Estados Unidos es el principal productor con 375.6 m lo que representa el 40.8% de la producción mundial. Otros grandes productores son China y Brasil con 192.7 y 70 mt respectivamente. México ocupa el séptimo lugar en producción de maíz grano a nivel mundial; sin embargo, esto no es suficiente pues la demanda interna tanto para consumos humano y animal, lo ubican como el principal importador de este grano. El maíz forma parte integral de la cultura por lo que su producción ocurre en la mayor parte de los estados de la República (SIAP, 2012).

En México el año 2011 la producción ascendió a 17.6 mt; en el país se producen dos tipos de maíz principalmente, el maíz blanco utilizado para consumo humano y el maíz amarillo para las especies pecuarias. Los sistemas de producción empleados son de riego y de temporal, representando en el 2011 el 43.45% y el 56.54% respectivamente. El maíz bajo el sistema de riego ha presentado un incremento del 42.7% en los últimos 10 años, por el contrario la producción de maíz de temporal ha mostrado una reducción del 11.6% en ese mismo período (SIAP, 2012).

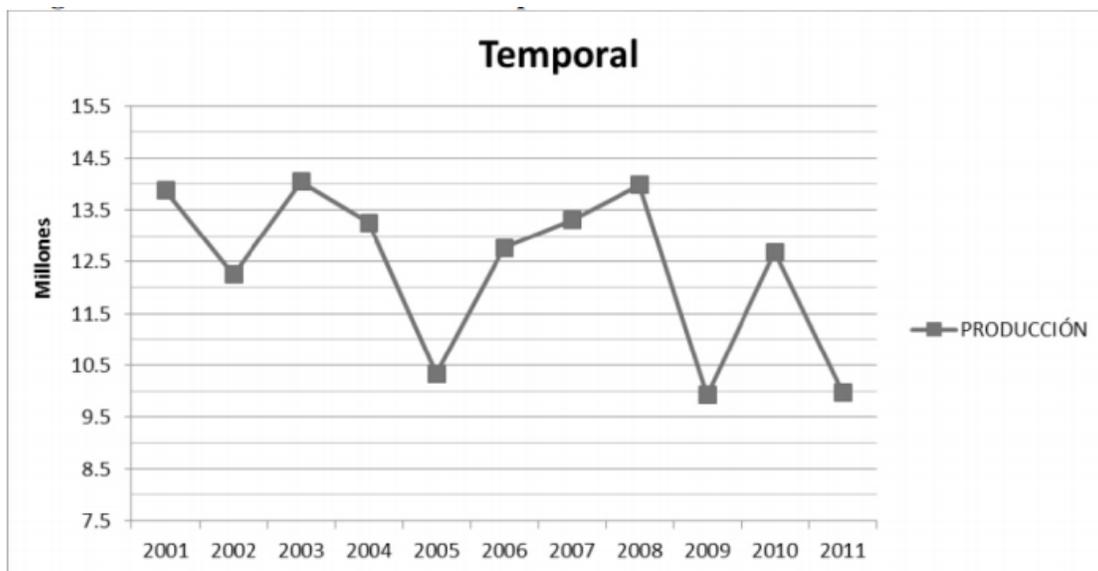
El estado de Chihuahua es el noveno productor de maíz grano de la República Mexicana, con una producción de 851,208.39 toneladas en el año 2011, de las cuales 841,989.87 toneladas fueron producidas en riego y 9,218.52 toneladas

producidas en temporal, con una superficie sembrada de 100,015.33 y 55,288.32 hectáreas respectivamente, durante ese mismo año (SIAP, 2012). El cultivo del maíz en la entidad ha presentado un comportamiento ascendente en los últimos 10 años a excepción del 2011, año en que se presentó una helada atípica y una prolongada sequía (figura 1).



Fuente: SIAP, 2012

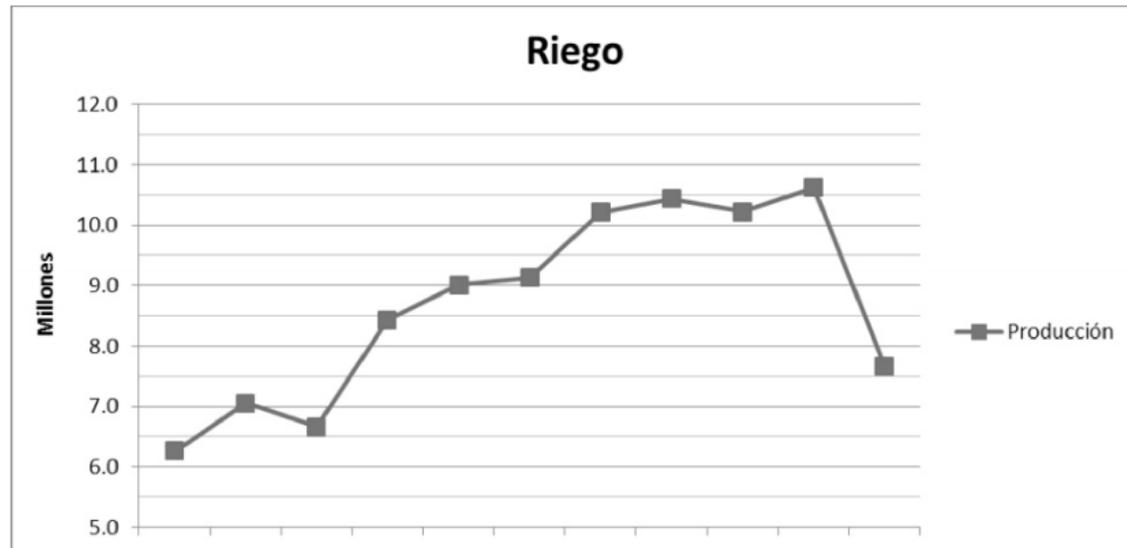
Figura 1. Producción de maíz en el Estado de Chihuahua 2001-2011. El maíz de temporal ha mostrado variaciones con una tendencia a disminuir. La errática precipitación junto con otros factores ha incidido para disminuir la producción de maíz en condiciones de temporal. La figura 2 muestra las variaciones en la producción de maíz de temporal pues se depende de la precipitación anual.



Fuente: SIAP, 2012

**Figura 2.** Producción de maíz temporal en el Estado de Chihuahua 2001-2011.

La producción de maíz irrigado se ha incrementado, pasando de 6.2 mt en 2001 hasta 10.6 mt en 2010; en el 2011 se observaron decrementos en un 30% por la situación antes mencionada (figura 3).



**Figura 3.** Producción de maíz de riego en el Estado de Chihuahua 2001-2011.

La importancia del maíz en el mundo y en el sector agrícola se puede considerar como un sector de empuje, y en coordinación con otros sectores puede generar importantes fuentes de empleo, para así elevar el bienestar de la población. Respecto al cultivo de maíz, Paliwal (2001) destaca que es uno de los cultivos con mayor producción a nivel mundial; de igual forma, es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea, y que la diversidad de ambientes bajo la que se cultiva mucho mayor a la de cualquier otro cultivo. Cabe agregar que el maíz puede ser utilizado como alimento humano, alimento para ganado o como fuente de un gran número de productos industriales.

Los productos considerados incluyen: tortillas, harinas de maíz, masa, pastas, jarabes, endulzantes, aceite de maíz, bebidas sin alcohol, cerveza; del proceso de molienda húmeda se obtienen endulzantes, dextrosa, fructosa, glucosa, jarabes, almidón industrial, fibras, etanol y aceite de maíz a partir del germen. De igual forma el subproducto más importante son los alimentos para animales.

### **1.5.2 A nivel nacional**

Saad (2004) señala que, la producción de maíz ocupa 62 por ciento de la superficie cultivada; en cuestión de alimentos, el maíz representa la mitad del volumen total de alimentos que consumen los mexicanos cada año. Es uno de los elementos clave de la cultura, fuente principal de alimentos e ingresos para la mayoría de los agricultores. Se estima que da empleo aproximadamente a tres millones de agricultores y que entre 15 y 18 millones de personas dependen en el país de la producción de maíz, más del 40 por ciento de la fuerza de trabajo del sector agrícola o cerca de un ocho por ciento del total de la fuerza laboral de México (Nadal, 2005).

En la misma línea, la Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA, 2004) señala que cerca del 66 por ciento de la cosecha de maíz en México se usa para la alimentación de ganado, 20 por ciento se consume directamente por humanos, mientras que el ocho por ciento es usado en procesos industriales de alimentos y productos no alimenticios y el seis por ciento se usa como semilla y desecho entre las naciones

en vías de desarrollo. Recientemente el maíz se comienza a utilizar con 7 mayor frecuencia como forraje o como insumo industrial, tendencia que recién comienza a aparecer en México.

En cuanto al gasto de los hogares mexicanos, en el periodo de 2000 a 2005 se tuvo un gasto corriente promedio anual de más de 19 millones de pesos en la compra de cereales; de ese monto 52 por ciento correspondió al gasto en compra de productos derivados del maíz (SIAP, 2007).

En fin, el maíz tiene para México una importancia tanto económica como cultural, debido a que gran parte de la fuerza laboral campesina se dedica al cultivo del grano y su consumo va más allá de la contribución a la dieta del mexicano, tiene origen en las tradiciones y costumbres que conforman una cultura ancestral.

México tiene un reto importante para dar seguridad alimentaria a su población, (Curiel, 2013) ya que de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, en inglés), un país debe ser capaz de producir al menos 75 por ciento de los alimentos que consume para dar seguridad alimentaria a su población, y México cubrió con producción nacional solo el 65 por ciento de la demanda de maíz para consumo humano y pecuario.

Se estudia el maíz, dado que es conocido como el grano básico nacional, de importancia tanto cultural como económica, y otorga empleo aproximadamente a tres millones de 2 agricultores. El Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (2012) en un análisis sobre la situación el maíz, reporta que la

producción de maíz ocupó el 51 % de la superficie sembrada y cosechada, en promedio anual, durante el periodo 1996 – 2006, también para este periodo las importaciones de maíz representaron el 39 % de la producción nacional, Estados Unidos destaca como el principal proveedor de maíz para México (Curiel, 2013).

En 2007, México fue el cuarto productor mundial de maíz según el SIAP y para 2011 según el USDA pasó a ser el séptimo. También es el segundo importador de este cereal después de Japón con 11.2 millones de toneladas. En México se consume más maíz del que produce, el déficit estimado es de 43% en la producción, se importa la tercera parte del consumo aparente, esto a pesar de ser el grano más importante en la cadena alimentaria de los mexicanos (ASERCA, 2012).

De acuerdo con el estudio realizado por Turrent et al. (2012), los productores de maíz cultivan ocho millones de hectáreas cada año, de las que 1.5 millones de hectáreas cuenta con riego, mientras que la mayoría -6.5 millones de hectáreas- son de temporal. En forma mayor, la tierra de temporal es cultivada en pequeñas unidades de producción que tienen sistemas tradicionales de producción con bajo nivel tecnológico y productividad. La más alta porción de la producción nacional de maíz proviene de estas pequeñas unidades de producción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1.6 Ubicación geográfica del experimento

El experimento se realizó el día 19 de abril del 2018 en el rancho “El Rincón del Buitre”, el cual es propiedad de la UAAAN, ubicado geográficamente en las coordenadas: Latitud: 25.835118°y Longitud: -103.114155°, y perteneciente al municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.

### 1.7 Material genético

El material genético a evaluar proviene de razas previamente identificadas por su origen de sitios calientes durante su floración (cerca de 400 accesiones parentales), con tolerancia al calor en las condiciones ambientales de las áreas objetivas, en cruza con líneas elite de CIMMYT. Esto dará origen a poblaciones de premejoramiento, de las cuales se van a derivar líneas endogámicas. Estas poblaciones se van a probar en forma de cruza de prueba (CP), en los ambientes con estrés calor referidos. Estos materiales serán caracterizados genéticamente para identificar haplotipos nuevos para tolerancia a calor. Las mejores líneas donadoras a los mejoradores, para que las incorporen a sus programas elite de mejoramientos en líneas.

Para efecto del presente trabajo se consideró el ensayo GRM18B2HTW06, del proyecto SeeD-2018-013 firmado por la UAAAN y el CIMMYT, el cual

considera 72 genotipos (anexo 1), bajo condiciones de Riego Normal, y Riego Restringido.

### **1.8 Diseño experimental**

Se usó un diseño experimental alpha-lattice, el cual considera bloques incompletos para la evaluación de genotipos.

### **1.9 Preparación del terreno**

La selección adecuada del terreno es muy importante en ensayos grandes, ya que los mejores resultados se obtienen en ensayos sembrados en terrenos con suelo uniforme u homogéneos y lejos de los árboles.

Se buscó un terreno con las dimensiones requeridas para el establecimiento del experimento, ya que el Campo Experimental de la UAAAN no contaba con el espacio requerido. Se obtuvieron 4 localidades, sin embargo, solo una contaba con la cercanía, disponibilidad de agua y maquinaria, y tipo de suelo requerido. Finalmente, se seleccionó un rancho propiedad de la misma Universidad, situada en el municipio de San Pedro de las Colonias.

El barbecho se llevó a cabo el día 18 de mayo con un tractor John Deere, propiedad de la UAAAN.

Posteriormente, la nivelación del terreno se hizo el día 4, y 5 de abril. Trazándose los surcos y una nivelación laser, con 2% de pendiente.

### **1.10 Siembra mecanizada**

La siembra se realizó el día 19 de abril del 2018, con una sembradora para experimentos, propiedad del CIMMYT.

El largo del surco del ensayo completo fue de 80.0 m y el largo de surcos por parcela fue de 4.0 m (en los que se sembraron materiales más avanzados e híbridos, y de 1.5 m de longitud fue para accesiones puras o líneas y 3 o 4 m de largo para materiales que se encuentren con un desarrollo intermedio) con de ancho de 75 cm. Con una distancia entre planta y planta de 14 cm.

Para una densidad de siembra de 9 semillas por metro lineal. con una sembradora para experimentos, propiedad del CIMMYT, todas las calles entre parcelas fue de 80 cm, la distancia entre los surco fue de 75 cm, la densidad final fue de por lo que el sobre de siembra tenía semilla extra (8%) para ralea y dejar la densidad requerida. Se etiquetó la calle principal, para que todos fueran homogéneos aun sembrados manualmente.

### 1.11 Riego por cintilla

El riego se inició antes con un riego de auxilio de 10 horas, para incrementar humedad, el día 6 de abril del 2018. Posteriormente, se instaló un sistema de riego por goteo con una manguera plana lay flat, conectados a la toma principal y que pasa por el centro del cultivo, en vertical, en la que otra manguera conectada, cruzaba de forma horizontal. Conectados a la cintillas, para irrigar cada surco.

El riego fue dividido en 4 secciones.

El primer riego se llevó a cabo el 18 de mayo con un tiempo de 10 a 12 horas por sección. Los siguientes riegos se realizaron el día 23 y 31 de mayo, con un tiempo de 10 horas.

Y los últimos riegos fueron el 8 y 9 de junio. Primera sección: 1:30 h, segunda sección: 1:30 h, tercera sección: 2:00 h y cuarta sección: 2:00 h.

### 1.12 Fertilización

La fertilización a base de MAP: 200-100-00

Fertilización a base de sulfato de amonio: 200-100-00

#### Cuadro 1. Fertilización

| Longitud | Ancho | Has    | Gr/metro lineal | Kg/metro lineal | Aplicación | Total aplicación | por Sacos totales | Kg totales | Kg/ha  | fuelle | formula | N   | P   | K |
|----------|-------|--------|-----------------|-----------------|------------|------------------|-------------------|------------|--------|--------|---------|-----|-----|---|
| 115.2    | 231   | 2.6611 | 14.4230         | 0.0144          | 1 map      | 100%             | 10.23             | 511.75     | 192.30 | MAP    | 11 51 0 | 200 | 100 | 0 |

|       |     |        |         |         |       |     |       |         |        |                         |        |   |   |
|-------|-----|--------|---------|---------|-------|-----|-------|---------|--------|-------------------------|--------|---|---|
| 115.2 | 231 | 2.6611 | 31.9368 | 0.0319  | 1ª SA | 50% | 22.66 | 1133.16 | 425.82 | Sulfato de 21 0 0 amoni | 178.84 | 0 | 0 |
| 115.2 | 231 | 2.6611 | 31.9368 | 0.03193 | 2ª SA | 50% | 22.66 | 1133.16 | 425.82 | Sulfato de 21 0 0 amoni | 89.42  | 0 | 0 |
|       |     |        |         |         |       |     |       |         |        |                         | 0      | 0 | 0 |

### 1.13 Control de plagas

Se usó un sistema de 8 trampas con feromonas, y una solución de agua y jabón, ubicadas en cada esquina y en las orillas, para el control del gusano cogollero. Se aplicó un insecticida Clopirifos Etilil granulado y un engorde el día 20 de julio del 2018 y posteriormente se aplicó el herbicida 2-4-D el 25 de julio del 2018. Se mantuvo el control de la maleza manualmente.

### 1.14 Recolección de datos

De acuerdo con el protocolo para ensayos de sequía y calor, elaborado por el grupo de MasAgro-Biodiversidad de CIMMYT, se registraron en tableta electrónica y la aplicación KDSmart (<http://www.kddart.org/kdsmart.html>) las siguientes variables:

Número de plantas emergidas

Se contabilizó el número de plantas emergidas después de 2 semanas de la siembra, para estimar el porcentaje de germinación en base al número total de semillas contenidas en el sobre de siembra (PtE), y se obtuvo emergencia el 26 de abril del 2018.

### **1.14.1 Densidad Final**

Al momento del registro de la emergencia de plántulas y raleo, se anotó el número de plantas finales.

Días hasta la antesis (floración masculina) Se contó el número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela ha liberado el polen.

Días hasta la emisión de estigmas (floración femenina) Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50% de las plantas de la parcela tienen estigmas de 1 a 3 cm aproximadamente.

Altura de la planta

Se tomó una planta seleccionada, la más representativa de la parcela, y se midió la distancia desde la base de la planta hasta la base de la espiga, utilizando un estadal graduada en cm.

### **1.14.2 Altura de la mazorca**

En la misma planta cuya altura se midió, se determinó la distancia en centímetros desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta, utilizando un estadal graduado en cm.

### **1.14.3 Acame de raíz**

Los datos sobre el acame de tallo y de raíz se tomó al final del ciclo. Se registró el número de plantas con una inclinación de 30°, hecho de manera visual o más a partir de la perpendicular en la base de la planta, donde comienza la zona radical.

### **1.14.4 Acame de tallo**

Se registró el número de plantas con tallos rotos abajo de las mazorcas, pero no más arriba. De igual manera para identificarlas, se empujó los tallos suavemente; las plantas que se caían se contaron como plantas acamadas de tallo.

### **1.14.5 Plantas sin Mazorcas (Jorras)**

Al momento que se tomaron los datos de acame, se anotó el número de plantas sin mazorcas por parcela.

Daños a la mazorca

De toda la parcela, se observó todas las plantas cuya mazorca presento daños por insecto, aves o por pudrición.

### **1.14.6 Rendimiento final**

Al momento de la cosecha se registró el peso de mazorca de ambos surcos (parcela completa) y se hizo la conversión a toneladas por hectárea, de acuerdo con el procedimiento sugerido por Mejía y Molina (1999).

Análisis estadístico Debido a cuestiones técnicas, solo fue posible analizar dos variables, las relacionadas con la floración, las cuales se sometieron al análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS (General Linear Model), con la opción means, para la prueba de comparación de medias de Tukey (DMSH) con un nivel alfa de 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1.15 Análisis de varianza

En el Cuadro 1 se hace un breve resumen de los cuadrados medios obtenidos con el análisis de varianza de las variables Días a Floración Femenina, y Floración Masculina. Para el presente estudio solamente se incluyeron estas dos variables, ya que son las que están “curadas” del experimento proveniente de CIMMYT.

**Cuadro 2.** Cuadrados medios de análisis combinado y por ambientes, para las variables Días a Floración Femenina (FF), y Días a Floración Masculina (FM).

| FV                 | Combinado |       |     |            | Normal Irrigation |       |     |          | Reduced Irrigation |       |       |
|--------------------|-----------|-------|-----|------------|-------------------|-------|-----|----------|--------------------|-------|-------|
|                    | gl        | FF    | gl  | FM         | gl                | FF    | gl  | FM       | gl                 | FF    | FM    |
| <b>Rep</b>         | 1         | 0.420 | 1   | 62.500 **  | 1                 | 6.533 | 1   | 83.523 * | 1                  | 2.746 | 3.390 |
| <b>Híbrido</b>     | 71        | 5.838 | 71  | 7.426      | 69                | 8.134 | 70  | 13.986   | 69                 | 3.931 | 2.237 |
| <b>Env</b>         | 1         | 3.663 | 1   | 864.288 ** |                   |       |     |          |                    |       |       |
| <b>Env*Híbrido</b> | 67        | 5.921 | 68  | 8.675      |                   |       |     |          |                    |       |       |
| <b>Error</b>       | 118       | 5.607 | 124 | 7.645      | 59                | 7.347 | 65  | 12.323   | 58                 | 3.780 | 2.114 |
| <b>Total</b>       | 258       |       | 265 |            | 129               |       | 136 |          | 128                |       |       |
| <b>CV</b>          |           | 2.97  |     | 3.51       |                   | 3.40  |     | 4.57     |                    | 2.44  | 1.80  |
| <b>Media</b>       |           | 79.75 |     | 78.69      |                   | 79.69 |     | 76.84    |                    | 79.81 | 80.65 |

\*, \*\*; Significativo al 5 y al 1%, respectivamente. FV: Fuentes de Variación; gl: grados de libertad; FF: Días a Floración Femenina; FM: Días a Floración Masculina; CV: Coeficiente de Variación

Como puede observarse, en el análisis combinado no se detectaron diferencias en ninguna fuente de variación para la variable FF. Sin embargo, para el caso de FM si hubo diferencias tanto en repeticiones como en ambientes. Esto

se puede explicar debido a que la producción de polen (FM) es más afectada por el efecto de la sequía y las altas temperaturas. Esto era de esperarse, ya que, a menor cantidad de agua, la floración se retrasó (Cuadro 3). Para el caso de los híbridos, no hubo diferencias.

Para el caso de los análisis por ambiente, no hubo diferencias para ninguna de las variables, en ninguna de las dos condiciones ambientales.

Algo notable de destacar es que los valores de los cuadrados medios en riego normal para la variable FM fue más alta que para los demás casos (FF, en riego normal, y las dos variables para el caso del riego reducido). Esta influencia se refleja en el análisis combinado.

Los valores de Coeficiente de variación fueron bajos, por lo que se considera que están dentro de los rangos estadísticos aceptables.

Las medias generales para los análisis combinados y por ambientes variaron desde 76.84 días para la floración femenina en riego normal, hasta 80.65 para la floración masculina en riego reducido. Esto indica que una disminución en la cantidad de agua aplicada al cultivo, aumenta el número de días a floración.

### 1.16 Comparación de medias

Para la comparación de medias se consideraron también el análisis combinado, y los análisis por ambientes (Cuadro 3).

Como puede observarse, los híbridos se comportaron de manera diferente en cada ambiente, excepto para algunos pocos casos, como ejemplo el híbrido CML549<2(NVOL17)-65-1//CML576, que fue la más tardía en la variable FM para el análisis combinado y riego normal; en cambio, el híbrido CML549<2(NVOL5)-12-1//CML576 para la variable FF en el análisis combinado y riego reducido.

Tal como se observó en el análisis de varianza, en el ambiente de riego reducido, la variable FM hubo diferencias entre los híbridos, lo que indica que éstos responden de manera diferencial al ambiente donde los genotipos se someten a estrés.

**Cuadro3. Valores medios de Floración Femenina y Floración Masculina, para un análisis combinado, y por ambientes.**

| Combinado |   |                               |   |  | Normal Irrigation |   |                               |   |  | Reduced Irrigation |   |                               |   |  |       |   |                               |   |  |    |   |                               |     |    |   |                               |     |
|-----------|---|-------------------------------|---|--|-------------------|---|-------------------------------|---|--|--------------------|---|-------------------------------|---|--|-------|---|-------------------------------|---|--|----|---|-------------------------------|-----|----|---|-------------------------------|-----|
| FF        |   |                               |   |  | FM                |   |                               |   |  | FF                 |   |                               |   |  | FM    |   |                               |   |  |    |   |                               |     |    |   |                               |     |
| Media     | N | Híbrido                       |   |  | Media             | N | Híbrido                       |   |  | Media              | N | Híbrido                       |   |  | Media | N | Híbrido                       |   |  |    |   |                               |     |    |   |                               |     |
| 82.3      | 4 | CML549<2(NVOL5)-12-1//CML576  | a |  | 83                | 4 | CML549<2(NVOL17)-65-1//CML576 | a |  | 83                 | 2 | CML549<2(NVOL17)-65-1//CML576 | a |  | 84    | 2 | CML549<2(NVOL5)-12-1//CML576  | a |  | 84 | 2 | CML549<2(NVOL5)-27-1//CML576  | a   |    |   |                               |     |
| 82.0      | 2 | CML549<2(COAH61)-70-1//CML576 | a |  | 82                | 4 | CML549<2(COAH56)-54-1//CML576 | a |  | 83                 | 2 | CML549<2(NVOL17)-65-1//CML576 | a |  | 83    | 2 | CML549<2(COAH61)-58-1//CML576 | a |  | 83 | 2 | CML549<2(NVOL5)-12-1//CML576  | a b |    |   |                               |     |
| 81.7      | 3 | CML549<2(NVOL5)-56-1//CML576  | a |  | 81                | 3 | CML549<2(NVOL5)-62-1//CML576  | a |  | 83                 | 2 | CML549<2(COAH56)-58-1//CML576 | a |  | 82    | 1 | CML549<2(COAH61)-2-1//CML576  | a |  | 83 | 1 | CML549<2(COAH61)-17-1//CML576 | a   | 83 | 2 | LPSC7-F64/CML550              | a b |
| 81.7      | 3 | CML549<2(NVOL5)-47-1//CML576  | a |  | 81                | 3 | CML549<2(COAH56)-49-1//CML576 | a |  | 82                 | 2 | CML549<2(NVOL5)-75-1//CML576  | a |  | 81.5  | 2 | CML549<2(NVOL5)-62-1//CML576  | a |  | 83 | 1 | CML549<2(NVOL5)-74-1//CML576  | a   | 82 | 2 | CML549<2(COAH56)-53-1//CML576 | a b |
| 81.7      | 3 | CML549<2(NVOL5)-75-1//CML576  | a |  | 81                | 4 | CML549<2(NVOL5)-13-1//CML576  | a |  | 82                 | 1 | CML549<2(COAH61)-50-1//CML576 | a |  | 80.5  | 2 | CML549<2(COAH61)-30-1//CML576 | a |  | 83 | 2 | CML549<2(NVOL5)-77-1//CML576  | a   | 82 | 2 | CML549<2(COAH56)-49-1//CML576 | a b |
| 81.7      | 3 | CML549<2(NVOL5)-77-1//CML576  | a |  | 81                | 4 | CML549<2(NVOL5)-33-1//CML576  | a |  | 82                 | 2 | CML549<2(COAH61)-70-1//CML576 | a |  | 80.0  | 2 | CML549<2(TAMA46)-42-1//CML576 | a |  | 82 | 1 | CML549<2(NVOL5)-56-1//CML576  | a   | 82 | 1 | P3258W                        | a b |
| 81.5      | 4 | CLRCW/100/CLRCW96/CML576      | a |  | 81                | 4 | CML549<2(TAMA46)-77-1//CML576 | a |  | 82                 | 2 | CML549<2(TAMA46)-31-1//CML576 | a |  | 80.0  | 2 | CML549<2(COAH56)-9-1//CML576  | a |  | 82 | 2 | CML549<2(COAH56)-42-1//CML576 | a   | 82 | 2 | CML549<2(TAMA46)-79-1//CML576 | a b |
| 81.5      | 4 | CML549<2(TAMA46)-46-1//CML576 | a |  | 81                | 3 | CML549<2(COAH61)-2-1//CML576  | a |  | 82                 | 2 | CLRCW/100/CLRCW96/CML576      | a |  | 80.0  | 2 | CML549<2(COAH61)-75-1//CML576 | a |  | 82 | 2 | CML549<2(NVOL5)-47-1//CML576  | a   | 82 | 2 | CML549<2(COAH61)-58-1//CML576 | a b |
| 81.5      | 4 | CML549<2(NVOL5)-13-1//CML576  | a |  | 81                | 4 | CML549<2(COAH56)-9-1//CML576  | a |  | 82                 | 2 | CML549<2(NVOL5)-56-1//CML576  | a |  | 80.0  | 2 | CML549<2(TAMA46)-77-1//CML576 | a |  | 82 | 2 | CML549<2(TAMA46)-46-1//CML576 | a   | 82 | 1 | CML549<2(NVOL5)-74-1//CML576  | a b |
| 81.5      | 4 | CML549<2(COAH56)-58-1//CML576 | a |  | 80                | 4 | CML549<2(NVOL17)-37-1//CML576 | a |  | 82                 | 2 | CML549<2(TAMA46)-46-1//CML576 | a |  | 80.0  | 2 | CML549<2(NVOL5)-13-1//CML576  | a |  | 82 | 2 | CML549<2(TAMA46)-79-1//CML576 | a   | 82 | 2 | CML549<2(COAH61)-72-1//CML576 | a b |
| 81.3      | 3 | CML549<2(COAH61)-17-1//CML576 | a |  | 80                | 4 | CML549<2(COAH61)-72-1//CML576 | a |  | 82                 | 2 | CML549<2(COAH61)-72-1//CML576 | a |  | 80.0  | 2 | CML549<2(NVOL17)-37-1//CML576 | a |  | 82 | 2 | CLRCW/100/CLRCW96/CML576      | a   | 82 | 2 | CML549<2(NVOL5)-33-1//CML576  | a b |
| 81.3      | 4 | CML549<2(COAH56)-42-1//CML576 | a |  | 80                | 4 | CML549<2(NVOL5)-27-1//CML576  | a |  | 82                 | 2 | CML549<2(TAMA46)-77-1//CML576 | a |  | 79.5  | 2 | CML549<2(NVOL5)-75-1//CML576  | a |  | 81 | 1 | CML549<2(COAH61)-12-1//CML576 | a   | 82 | 1 | CML549<2(NVOL17)-63-1//CML576 | a b |
| 81.3      | 4 | CML549<2(NVOL17)-65-1//CML576 | a |  | 80                | 4 | CML549<2(NVOL5)-57-1//CML576  | a |  | 82                 | 2 | CML549<2(COAH56)-9-1//CML576  | a |  | 79.5  | 2 | CML549<2(NVOL5)-33-1//CML576  | a |  | 81 | 2 | CML549<2(COAH56)-53-1//CML576 | a   | 82 | 2 | CML549<2(NVOL5)-64-1//CML576  | a b |
| 81.0      | 3 | CML549<2(TAMA46)-79-1//CML576 | a |  | 80                | 4 | CML549<2(COAH61)-75-1//CML576 | a |  | 82                 | 2 | CML549<2(TAMA46)-21-1//CML576 | a |  | 79.5  | 2 | CML549<2(COAH61)-9-1//CML576  | a |  | 81 | 2 | CML549<2(COAH61)-19-1//CML576 | a   | 82 | 2 | CML549<2(TAMA46)-77-1//CML576 | a b |
| 81.0      | 4 | CML549<2(COAH61)-             | a |  | 80                | 3 | CML549<2(NVOL17)-             | a |  | 81                 | 2 | CML549<2(NVOL17)-             | a |  | 79.5  | 2 | CML549<2(TAMA46)-             | a |  | 81 | 2 | CML549<2(COAH56)-             | a   | 82 | 2 | CML549<2(NVOL5)-77-           | a b |

Cuadro3. Valores medios de Floración Femenina y Floración Masculina, para un análisis combinado, y por ambientes.

| Combinado |   |                               |       |    |              | Normal Irrigation             |   |              |       |                               |              | Reduced Irrigation |   |                               |       |    |           |                               |   |    |   |                               |   |   |
|-----------|---|-------------------------------|-------|----|--------------|-------------------------------|---|--------------|-------|-------------------------------|--------------|--------------------|---|-------------------------------|-------|----|-----------|-------------------------------|---|----|---|-------------------------------|---|---|
| FF        |   |                               | FM    |    |              | FF                            |   |              | FM    |                               |              | FF                 |   |                               | FM    |    |           |                               |   |    |   |                               |   |   |
| Media     | N | Híbrido                       | Media | N  | Híbrido      | Media                         | N | Híbrido      | Media | N                             | Híbrido      | Media              | N | Híbrido                       | Media | N  | Híbrido   |                               |   |    |   |                               |   |   |
|           |   | 72-1//CML576                  |       |    | 63-1//CML576 |                               |   | 54-1//CML576 |       |                               | 31-1//CML576 |                    |   | 54-1//CML576                  |       |    | 1//CML576 |                               |   |    |   |                               |   |   |
| 81.0      | 4 | CML549<2(COAH56)-53-1//CML576 | a     | 80 | 3            | CML549<2(NVOL5)-75-1//CML576  | a | 81           | 2     | CML549<2(COAH61)-12-1//CML576 | a            | 79.5               | 2 | CML549<2(NVOL17)-24-1//CML576 | a     | 81 | 1         | CML549<2(NVOL5)-75-1//CML576  | a | 82 | 2 | CML549<2(COAH56)-42-1//CML576 | a | b |
| 81.0      | 4 | CML549<2(TAMA46)-77-1//CML576 | a     | 80 | 2            | CML549<2(NVOL5)-50-1//CML576  | a | 81           | 2     | CML549<2(COAH61)-8-1//CML576  | a            | 79.5               | 2 | DK4050W                       | a     | 81 | 2         | CML549<2(COAH61)-31-1//CML576 | a | 82 | 2 | CML549<2(TAMA46)-73-1//CML576 | a | b |
| 81.0      | 3 | CML549<2(COAH61)-12-1//CML576 | a     | 80 | 4            | CML549<2(COAH61)-30-1//CML576 | a | 81           | 2     | CML549<2(COAH56)-53-1//CML576 | a            | 79.5               | 2 | CML549<2(TAMA46)-21-1//CML576 | a     | 81 | 2         | CML549<2(COAH56)-68-1//CML576 | a | 82 | 2 | CML549<2(COAH61)-19-1//CML576 | a | b |
| 80.8      | 4 | CML549<2(COAH61)-31-1//CML576 | a     | 80 | 4            | LPSC7-F64/CML550              | a | 81           | 2     | CML549<2(COAH56)-50-1//CML576 | a            | 79.5               | 2 | CML549<2(NVOL5)-57-1//CML576  | a     | 81 | 2         | CML549<2(COAH61)-9-1//CML576  | a | 82 | 2 | CML549<2(COAH56)-68-1//CML576 | a | b |
| 80.8      | 4 | CML549<2(COAH56)-54-1//CML576 | a     | 80 | 4            | CML549<2(TAMA46)-31-1//CML576 | a | 81           | 1     | CML549<2(COAH61)-30-1//CML576 | a            | 79.0               | 1 | CML549<2(COAH56)-49-1//CML576 | a     | 81 | 2         | CML549<2(COAH61)-7-1//CML576  | a | 82 | 2 | CML549<2(NVOL5)-13-1//CML576  | a | b |
| 80.8      | 4 | CML549<2(COAH61)-19-1//CML576 | a     | 80 | 4            | CML549<2(NVOL17)-24-1//CML576 | a | 81           | 2     | CML549<2(TAMA46)-73-1//CML576 | a            | 79.0               | 2 | CML549<2(COAH61)-17-1//CML576 | a     | 81 | 2         | DK4050W                       | a | 81 | 2 | CML549<2(COAH56)-9-1//CML576  | a | b |
| 80.7      | 3 | CML549<2(COAH56)-50-1//CML576 | a     | 80 | 3            | CML549<2(TAMA46)-79-1//CML576 | a | 81           | 1     | CML549<2(NVOL5)-47-1//CML576  | a            | 79.0               | 2 | CML549<2(NVOL17)-63-1//CML576 | a     | 81 | 2         | CML549<2(COAH56)-58-1//CML576 | a | 81 | 2 | CML549<2(NVOL5)-60-1//CML576  | a | b |
| 80.5      | 4 | CML549<2(TAMA46)-73-1//CML576 | a     | 80 | 4            | CML549<2(COAH56)-68-1//CML576 | a | 81           | 1     | CML549<2(NVOL5)-71-1//CML576  | a            | 78.5               | 2 | CML549<2(NVOL5)-71-1//CML576  | a     | 81 | 2         | CML549/CML576                 | a | 81 | 2 | CML549<2(NVOL17)-65-1//CML576 | a | b |
| 80.5      | 4 | CML549<2(NVOL5)-57-1//CML576  | a     | 80 | 4            | CML549<2(TAMA46)-21-1//CML576 | a | 81           | 2     | CML549<2(NVOL5)-53-1//CML576  | a            | 78.5               | 2 | CML549<2(NVOL5)-3-1//CML576   | a     | 81 | 2         | CML549<2(COAH61)-72-1//CML576 | a | 81 | 1 | CML549<2(COAH61)-12-1//CML576 | a | b |
| 80.3      | 3 | CML549<2(COAH61)-8-1//CML576  | a     | 80 | 4            | DK4050W                       | a | 81           | 2     | CML549<2(NVOL5)-52-1//CML576  | a            | 78.5               | 2 | CML549<2(COAH61)-72-1//CML576 | a     | 81 | 2         | CML549<2(NVOL5)-57-1//CML576  | a | 81 | 2 | CLRCW/100/CLRCW96//CML576     | a | b |
| 80.3      | 3 | CML549/CML576                 | a     | 80 | 4            | CML549<2(COAH61)-9-1//CML576  | a | 81           | 2     | CML549<2(NVOL5)-12-1//CML576  | a            | 78.0               | 2 | CML549<2(COAH56)-27-1//CML576 | a     | 81 | 2         | CML549<2(TAMA46)-77-1//CML576 | a | 81 | 2 | CML549<2(NVOL17)-15-1//CML576 | a | b |
| 80.3      | 4 | CML549<2(NVOL5)-60-1//CML576  | a     | 79 | 4            | CML549<2(TAMA46)-42-1//CML576 | a | 81           | 2     | CML549<2(COAH61)-75-1//CML576 | a            | 78.0               | 2 | CML549<2(NVOL5)-52-1//CML576  | a     | 81 | 2         | LPSC7-F64/CML550              | a | 81 | 2 | CML549<2(NVOL5)-57-1//CML576  | a | b |
| 80.3      | 4 | CML549<2(TAMA46)-31-1//CML576 | a     | 79 | 4            | CML549<2(NVOL5)-52-1//CML576  | a | 81           | 2     | CML549<2(COAH61)-31-1//CML576 | a            | 77.5               | 2 | CML549<2(NVOL17)-33-1//CML576 | a     | 80 | 2         | CML549<2(NVOL5)-60-1//CML576  | a | 81 | 2 | CML549<2(COAH61)-47-1//CML576 | a | b |
| 80.3      | 4 | CML549<2(COAH56)-9-1//CML576  | a     | 79 | 4            | CML549<2(NVOL5)-71-1//CML576  | a | 81           | 2     | CML549<2(COAH61)-17-1//CML576 | a            | 77.5               | 2 | CML549<2(COAH56)-68-1//CML576 | a     | 80 | 2         | CML549<2(NVOL5)-64-1//CML576  | a | 81 | 2 | CML549<2(NVOL17)-54-1//CML576 | a | b |
| 80.0      | 4 | CML549<2(NVOL17)-54-1//CML576 | a     | 79 | 4            | CML549<2(COAH61)-47-1//CML576 | a | 81           | 2     | CML549<2(COAH56)-42-1//CML576 | a            | 77.0               | 2 | LPSC7-F64/CML550              | a     | 80 | 2         | CML549<2(COAH56)-49-1//CML576 | a | 81 | 2 | CML549/CML576                 | a | b |

**Cuadro3. Valores medios de Floración Femenina y Floración Masculina, para un análisis combinado, y por ambientes.**

| Combinado |   |                               |       | Normal Irrigation |         |                               |   | Reduced Irrigation |       |                               |         |      |   |                               |   |    |   |                               |   |    |   |                               |   |   |
|-----------|---|-------------------------------|-------|-------------------|---------|-------------------------------|---|--------------------|-------|-------------------------------|---------|------|---|-------------------------------|---|----|---|-------------------------------|---|----|---|-------------------------------|---|---|
| FF        |   | FM                            |       | FF                |         | FM                            |   | FF                 |       | FM                            |         |      |   |                               |   |    |   |                               |   |    |   |                               |   |   |
| Media     | N | Híbrido                       | Media | N                 | Híbrido | Media                         | N | Híbrido            | Media | N                             | Híbrido |      |   |                               |   |    |   |                               |   |    |   |                               |   |   |
| 80.0      | 4 | CML549<2(TAMA46)-21-1//CML576 | a     | 79                | 4       | CML549<2(NVOL5)-3-1//CML576   | a | 81                 | 2     | CML549<2(NVOL5)-74-1//CML576  | a       | 80   | 2 | CML549<2(NVOL5)-33-1//CML576  | a | 81 | 2 | CML549<2(TAMA46)-46-1//CML576 | a | b  |   |                               |   |   |
| 80.0      | 4 | CML549<2(COAH61)-58-1//CML576 | a     | 79                | 4       | CML549<2(COAH56)-27-1//CML576 | a | 81                 | 2     | CML549<2(COAH61)-19-1//CML576 | a       | 77.0 | 2 | CML549<2(COAH61)-47-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL17)-15-1//CML576 | a | 81 | 1 | CML549<2(NVOL5)-75-1//CML576  | a | b |
| 80.0      | 3 | CML549<2(NVOL17)-63-1//CML576 | a     | 79                | 4       | CML549<2(NVOL17)-15-1//CML576 | a | 81                 | 2     | CML549<2(NVOL17)-3-1//CML576  | a       | 77.0 | 2 | CML549<2(NVOL17)-15-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(TAMA46)-73-1//CML576 | a | 81 | 2 | CML549<2(COAH61)-7-1//CML576  | a | b |
| 80.0      | 4 | CML549<2(COAH61)-9-1//CML576  | a     | 79                | 4       | CML549<2(NVOL17)-33-1//CML576 | a | 81                 | 2     | CML549<2(COAH56)-69-1//CML576 | a       | 77.0 | 2 | CML549<2(NVOL5)-27-1//CML576  | a | 80 | 2 | CML549<2(TAMA46)-42-1//CML576 | a | 81 | 1 | CML549<2(COAH56)-22-1//CML576 | a | b |
| 80.0      | 4 | CML549<2(COAH61)-75-1//CML576 | a     | 79                | 4       | CML549<2(COAH56)-53-1//CML576 | a | 81                 | 2     | CML549<2(COAH56)-54-1//CML576 | a       | 77.0 | 2 | CML549<2(COAH56)-22-1//CML576 | a | 80 | 1 | CML549<2(COAH56)-50-1//CML576 | a | 81 | 2 | CML549<2(NVOL17)-3-1//CML576  | a | b |
| 80.0      | 2 | CML549<2(TAMA46)-64-1//CML576 | a     | 79                | 4       | CML549<2(COAH61)-19-1//CML576 | a | 81                 | 2     | CML549<2(NVOL5)-57-1//CML576  | a       | 76.0 | 2 | CML549<2(COAH61)-19-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL5)-13-1//CML576  | a | 81 | 2 | CML549<2(TAMA46)-62-1//CML576 | a | b |
| 79.8      | 4 | CML549<2(NVOL17)-15-1//CML576 | a     | 79                | 4       | CML549<2(NVOL5)-12-1//CML576  | a | 81                 | 2     | CML549<2(NVOL17)-63-1//CML576 | a       | 76.0 | 2 | CLRCW/100/CLRCW96//CML576     | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL17)-65-1//CML576 | a | 81 | 2 | CML549<2(COAH56)-46-1//CML576 | a | b |
| 79.8      | 4 | CML549<2(COAH61)-47-1//CML576 | a     | 79                | 4       | CML549<2(COAH61)-58-1//CML576 | a | 80                 | 2     | CML549<2(TAMA46)-64-1//CML576 | a       | 75.5 | 2 | CML549<2(COAH56)-53-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(COAH61)-47-1//CML576 | a | 81 | 2 | CML549<2(COAH56)-69-1//CML576 | a | b |
| 79.8      | 4 | CML549<2(NVOL5)-33-1//CML576  | a     | 79                | 3       | CML549<2(NVOL5)-47-1//CML576  | a | 80                 | 2     | CML549<2(COAH56)-34-1//CML576 | a       | 75.5 | 2 | CML549<2(NVOL17)-52-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL17)-24-1//CML576 | a | 81 | 2 | CML549<2(COAH56)-54-1//CML576 | a | b |
| 79.7      | 3 | CML549<2(COAH61)-50-1//CML576 | a     | 79                | 3       | CML549<2(NVOL5)-74-1//CML576  | a | 80                 | 2     | CML549<2(COAH61)-47-1//CML576 | a       | 75.5 | 2 | CML549<2(TAMA46)-73-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL5)-27-1//CML576  | a | 81 | 2 | CML549<2(NVOL5)-47-1//CML576  | a | b |
| 79.5      | 4 | CML549<2(NVOL17)-3-1//CML576  | a     | 79                | 4       | CLRCW/100/CLRCW96//CML576     | a | 80                 | 1     | CML549<2(TAMA46)-79-1//CML576 | a       | 75.5 | 2 | CML549<2(NVOL5)-64-1//CML576  | a | 79 | 1 | CML549<2(COAH61)-8-1//CML576  | a | 81 | 2 | CML549<2(COAH61)-75-1//CML576 | a | b |
| 79.5      | 4 | CML549<2(NVOL5)-52-1//CML576  | a     | 79                | 4       | CML549<2(TAMA46)-73-1//CML576 | a | 80                 | 1     | CML549/CML576                 | a       | 75.5 | 2 | CML549<2(COAH61)-70-1//CML576 | a | 79 | 2 | CML549<2(NVOL17)-69-1//CML576 | a | 81 | 2 | CML549<2(NVOL17)-37-1//CML576 | a | b |
| 79.5      | 4 | CML549<2(COAH56)-69-1//CML576 | a     | 79                | 4       | CML549<2(NVOL5)-64-1//CML576  | a | 80                 | 2     | CML549<2(TAMA46)-62-1//CML576 | a       | 75.5 | 2 | CML549<2(COAH61)-12-1//CML576 | a | 79 | 2 | CML549<2(COAH56)-46-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(COAH61)-31-1//CML576 | a | b |
| 79.3      | 3 | CML549<2(COAH61)-30-1//CML576 | a     | 78                | 3       | CML549<2(COAH61)-17-1//CML576 | a | 80                 | 1     | CML549<2(NVOL5)-77-1//CML576  | a       | 75.5 | 2 | CML549<2(NVOL5)-63-1//CML576  | a | 79 | 1 | CML549<2(NVOL17)-63-1//CML576 | a | 80 | 1 | CML549<2(COAH61)-8-1//CML576  | a | b |
| 79.3      | 4 | CML549<2(TAMA46)-62-1//CML576 | a     | 78                | 3       | CML549<2(COAH56)-22-1//CML576 | a | 80                 | 1     | CML549<2(COAH61)-2-1//CML576  | a       | 75.5 | 2 | CML549<2(COAH61)-58-1//CML576 | a | 79 | 2 | CML549<2(COAH61)-75-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL17)-33-1//CML576 | a | b |
| 79.3      | 4 | CML549<2(TAMA46)-42-1//CML576 | a     | 78                | 3       | CML549/CML576                 | a | 80                 | 2     | CML549<2(COAH56)-27-1//CML576 | a       | 75.0 | 2 | CML549<2(NVOL17)-69-1//CML576 | a | 79 | 1 | P3258W                        | a | 80 | 2 | CML549<2(COAH56)-27-1//CML576 | a | b |

**Cuadro3. Valores medios de Floración Femenina y Floración Masculina, para un análisis combinado, y por ambientes.**

| Combinado |   |                                |       | Normal Irrigation |         |                                |   | Reduced Irrigation |       |                                |         |       |   |                                |       |    |         |                                |   |    |   |                                |   |   |
|-----------|---|--------------------------------|-------|-------------------|---------|--------------------------------|---|--------------------|-------|--------------------------------|---------|-------|---|--------------------------------|-------|----|---------|--------------------------------|---|----|---|--------------------------------|---|---|
| FF        |   |                                | FM    |                   |         | FF                             |   |                    | FM    |                                |         | FF    |   |                                | FM    |    |         |                                |   |    |   |                                |   |   |
| Media     | N | Híbrido                        | Media | N                 | Híbrido | Media                          | N | Híbrido            | Media | N                              | Híbrido | Media | N | Híbrido                        | Media | N  | Híbrido |                                |   |    |   |                                |   |   |
| 79.3      | 4 | CML549<2(NVOL 17)-33-1//CML576 | a     | 78                | 4       | CML549<2(NVOL 17)-52-1//CML576 | a | 80                 | 2     | CML549<2(NVOL5)-33-1//CML576   | a       | 75.0  | 2 | CML549<2(TAMA46)-64-1//CML576  | a     | 79 | 2       | CML549<2(COAH56)-9-1//CML576   | a | 80 | 2 | CML549<2(TAMA46)-31-1//CML576  | a | b |
| 79.0      | 4 | CML549<2(COAH56)-34-1//CML576  | a     | 78                | 4       | CML549<2(NVOL5)-63-1//CML576   | a | 80                 | 2     | CML549<2(NVOL 17)-33-1//CML576 | a       | 75.0  | 2 | CML549<2(NVOL5)-53-1//CML576   | a     | 79 | 2       | CML549<2(NVOL 17)-54-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL 17)-52-1//CML576 | a | b |
| 79.0      | 4 | CML549<2(COAH61)-7-1//CML576   | a     | 78                | 4       | CML549<2(COAH56)-46-1//CML576  | a | 80                 | 2     | CML549<2(NVOL 17)-15-1//CML576 | a       | 75.0  | 2 | CML549<2(COAH61)-31-1//CML576  | a     | 79 | 2       | CML549<2(NVOL5)-50-1//CML576   | a | 80 | 1 | CML549<2(NVOL5)-62-1//CML576   | a | b |
| 79.0      | 3 | CML549<2(COAH56)-49-1//CML576  | a     | 78                | 4       | CML549<2(NVOL5)-77-1//CML576   | a | 79                 | 2     | CML549<2(NVOL5)-62-1//CML576   | a       | 75.0  | 2 | CML549<2(NVOL5)-56-1//CML576   | a     | 79 | 1       | CML549<2(NVOL5)-62-1//CML576   | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL 17)-69-1//CML576 | a | b |
| 79.0      | 2 | CML549<2(NVOL5)-50-1//CML576   | a     | 78                | 4       | CML549<2(NVOL 17)-69-1//CML576 | a | 79                 | 2     | CML549<2(COAH56)-22-1//CML576  | a       | 75.0  | 2 | CML549<2(COAH56)-46-1//CML576  | a     | 79 | 2       | CML549<2(NVOL 17)-33-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL5)-50-1//CML576   | a | b |
| 79.0      | 4 | CML549<2(COAH56)-27-1//CML576  | a     | 78                | 4       | CML549<2(NVOL 17)-54-1//CML576 | a | 79                 | 2     | CML549<2(COAH61)-9-1//CML576   | a       | 75.0  | 2 | CML549<2(NVOL 17)-41-1//CML576 | a     | 79 | 2       | CML549<2(NVOL 17)-52-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL5)-52-1//CML576   | a | b |
| 79.0      | 3 | CML549<2(NVOL5)-62-1//CML576   | a     | 78                | 4       | CML549<2(COAH61)-7-1//CML576   | a | 79                 | 2     | CML549<2(NVOL 17)-52-1//CML576 | a       | 75.0  | 1 | CML549<2(NVOL5)-47-1//CML576   | a     | 79 | 2       | CML549<2(NVOL 17)-3-1//CML576  | a | 80 | 2 | CML549<2(COAH56)-34-1//CML576  | a | b |
| 78.8      | 4 | CML549<2(NVOL5)-53-1//CML576   | a     | 78                | 4       | CML549<2(NVOL 17)-41-1//CML576 | a | 79                 | 2     | CML549<2(TAMA46)-42-1//CML576  | a       | 75.0  | 2 | CML549<2(NVOL5)-12-1//CML576   | a     | 79 | 2       | CML549<2(TAMA46)-21-1//CML576  | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL5)-63-1//CML576   | a | b |
| 78.7      | 3 | CML549<2(COAH56)-22-1//CML576  | a     | 78                | 4       | CML549<2(COAH61)-31-1//CML576  | a | 77                 | 2     | CML549<2(COAH61)-58-1//CML576  | a       | 75.0  | 1 | CML549<2(TAMA46)-79-1//CML576  | a     | 79 | 2       | CML549<2(TAMA46)-62-1//CML576  | a | 80 | 2 | CML549<2(COAH61)-50-1//CML576  | a | b |
| 78.7      | 3 | CML549<2(NVOL5)-71-1//CML576   | a     | 77                | 3       | CML549<2(COAH61)-12-1//CML576  | a | 77                 | 1     | CML549<2(COAH56)-49-1//CML576  | a       | 74.5  | 2 | CML549<2(COAH56)-50-1//CML576  | a     | 79 | 2       | CML549<2(COAH61)-30-1//CML576  | a | 80 | 2 | CML549<2(COAH61)-2-1//CML576   | a | b |
| 78.7      | 3 | CML549<2(COAH61)-2-1//CML576   | a     | 77                | 4       | CML549<2(TAMA46)-62-1//CML576  | a | 77                 | 2     | CML549<2(NVOL5)-63-1//CML576   | a       | 74.5  | 2 | CML549<2(COAH56)-58-1//CML576  | a     | 79 | 2       | CML549<2(COAH61)-50-1//CML576  | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL 17)-24-1//CML576 | a | b |
| 78.5      | 4 | CML549<2(NVOL 17)-52-1//CML576 | a     | 77                | 4       | CML549<2(NVOL5)-53-1//CML576   | a | 77                 | 2     | CML549<2(NVOL 17)-41-1//CML576 | a       | 74.0  | 2 | CML549<2(COAH61)-7-1//CML576   | a     | 79 | 2       | CML549<2(COAH56)-27-1//CML576  | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL 17)-41-1//CML576 | a | b |
| 78.5      | 4 | CML549<2(NVOL5)-64-1//CML576   | a     | 77                | 4       | CML549<2(NVOL5)-60-1//CML576   | a | 77                 | 2     | CML549<2(NVOL 17)-69-1//CML576 | a       | 74.0  | 2 | P3258W                         | a     | 79 | 2       | CML549<2(TAMA46)-31-1//CML576  | a | 80 | 2 | CML549<2(COAH56)-58-1//CML576  | a | b |
| 78.5      | 4 | DK4050W                        | a     | 77                | 4       | CML549<2(TAMA46)-46-1//CML576  | a | 77                 | 2     | CML549<2(NVOL 17)-24-1//CML576 | a       | 74.0  | 2 | CML549<2(NVOL 17)-54-1//CML576 | a     | 79 | 2       | CML549<2(COAH56)-69-1//CML576  | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL5)-3-1//CML576    | a | b |
| 78.3      | 4 | CML549<2(COAH56)-68-1//CML576  | a     | 77                | 4       | CML549<2(COAH56)-69-1//CML576  | a | 77                 | 2     | CML549<2(COAH61)-7-1//CML576   | a       | 74.0  | 2 | CML549<2(COAH61)-8-1//CML576   | a     | 79 | 2       | CML549<2(NVOL5)-63-1//CML576   | a | 80 | 2 | CML549<2(COAH61)-30-1//CML576  | a | b |
| 78.3      | 4 | CML549<2(NVOL 17)-24-1//CML576 | a     | 77                | 4       | CML549<2(COAH56)-58-1//CML576  | a | 77                 | 2     | CML549<2(NVOL5)-64-1//CML576   | a       | 74.0  | 2 | CML549<2(TAMA46)-62-1//CML576  | a     | 78 | 2       | CML549<2(NVOL 17)-41-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(TAMA46)-21-1//CML576  | a | b |

**Cuadro3. Valores medios de Floración Femenina y Floración Masculina, para un análisis combinado, y por ambientes.**

| Combinado |   |                               |       |    | Normal Irrigation |                               |   |         |       | Reduced Irrigation            |         |       |    |                               |   |    |   |                               |   |    |   |                               |   |   |
|-----------|---|-------------------------------|-------|----|-------------------|-------------------------------|---|---------|-------|-------------------------------|---------|-------|----|-------------------------------|---|----|---|-------------------------------|---|----|---|-------------------------------|---|---|
| FF        |   |                               | FM    |    | FF                |                               |   | FM      |       | FF                            |         |       | FM |                               |   |    |   |                               |   |    |   |                               |   |   |
| Media     | N | Híbrido                       | Media | N  | Híbrido           | Media                         | N | Híbrido | Media | N                             | Híbrido | Media | N  | Híbrido                       |   |    |   |                               |   |    |   |                               |   |   |
| 78.0      | 4 | CML549<2(COAH56)-46-1//CML576 | a     | 77 | 4                 | CML549<2(COAH56)-34-1//CML576 | a | 77      | 2     | CML549<2(NVOL5)-77-1//CML576  | a       | 78    | 2  | CML549<2(COAH61)-2-1//CML576  | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL5)-53-1//CML576  | a | b  |   |                               |   |   |
| 78.0      | 4 | CML549<2(NVOL17)-69-1//CML576 | a     | 77 | 4                 | CML549<2(COAH56)-42-1//CML576 | a | 77      | 2     | DK4050W                       | a       | 73.5  | 2  | CML549<2(COAH56)-69-1//CML576 | a | 78 | 2 | CML549<2(NVOL5)-52-1//CML576  | a | 80 | 2 | CML549<2(NVOL5)-71-1//CML576  | a | b |
| 78.0      | 2 | CML549<2(NVOL5)-3-1//CML576   | a     | 77 | 3                 | P3258W                        | a | 77      | 2     | P3258W                        | a       | 73.5  | 2  | CML549<2(COAH56)-34-1//CML576 | a | 78 | 2 | CML549<2(COAH56)-34-1//CML576 | a | 80 | 2 | CML549<2(COAH61)-9-1//CML576  | a | b |
| 77.8      | 4 | CML549<2(NVOL5)-63-1//CML576  | a     | 77 | 4                 | CML549<2(COAH61)-50-1//CML576 | a | 76      | 2     | CML549<2(COAH56)-68-1//CML576 | a       | 73.5  | 2  | CML549<2(NVOL5)-60-1//CML576  | a | 78 | 2 | CML549<2(NVOL5)-3-1//CML576   | a | 80 | 2 | DK4050W                       | a | b |
| 77.8      | 4 | LPSC7-F64/CML550              | a     | 76 | 4                 | CML549<2(NVOL17)-3-1//CML576  | a | 76      | 2     | CML549<2(NVOL5)-27-1//CML576  | a       | 73.5  | 2  | CML549<2(TAMA46)-46-1//CML576 | a | 78 | 1 | CML549<2(COAH56)-22-1//CML576 | a | 79 | 2 | CML549<2(TAMA46)-42-1//CML576 | a | b |
| 77.7      | 3 | CML549<2(NVOL5)-74-1//CML576  | a     | 76 | 3                 | CML549<2(COAH61)-8-1//CML576  | a | 75      | 2     | LPSC7-F64/CML550              | a       | 73.0  | 1  | CML549/CML576                 | a | 78 | 2 | CML549<2(NVOL17)-37-1//CML576 | a | 78 | 1 | CML549<2(NVOL5)-56-1//CML576  | a | b |
| 77.5      | 4 | CML549<2(NVOL5)-27-1//CML576  | a     | 76 | 3                 | CML549<2(NVOL5)-56-1//CML576  | a | 75      | 2     | CML549<2(NVOL5)-74-1//CML576  | a       | 73.0  | 2  | CML549<2(COAH61)-50-1//CML576 | a | 78 | 2 | CML549<2(NVOL5)-71-1//CML576  | a | 77 | 1 | CML549<2(COAH61)-17-1//CML576 | a | b |
| 77.5      | 4 | CML549<2(NVOL17)-41-1//CML576 | a     | 76 | 2                 | CML549<2(COAH61)-70-1//CML576 | a | 74      | 1     | CML549<2(NVOL17)-37-1//CML576 | a       | 72.0  | 2  | CML549<2(COAH56)-42-1//CML576 | a | 77 | 2 | CML549<2(NVOL5)-53-1//CML576  | a | 76 | 1 | CML549<2(COAH56)-50-1//CML576 | b |   |
| 77.3      | 3 | P3258W                        | a     | 75 | 3                 | CML549<2(COAH56)-50-1//CML576 | A |         |       |                               |         | 72.0  | 2  | CML549<2(NVOL17)-3-1//CML576  | a |    |   |                               |   |    |   |                               |   |   |
| 76.7      | 3 | CML549<2(NVOL17)-37-1//CML576 | a     | 75 | 2                 | CML549<2(TAMA46)-64-1//CML576 | A |         |       |                               |         |       |    |                               |   |    |   |                               |   |    |   |                               |   |   |

N: Número de observaciones consideradas para la media; FF: Días a Floración Femenina; FM: Días a Floración Masculina. Tratamientos con la misma letra con estadísticamente iguales.

CONCLUSIONES Al aplicar diferentes niveles de riego se detectó una diferencia en la variable días a floración masculina, lo cual compromete la producción de manera drástica, sin embargo, también se encontraron híbridos tolerantes al déficit de agua.

El efecto combinado de sequía y calor afecta sustancialmente al rendimiento de maíz. Sin embargo, existen alelos con tolerancia a estos estreses, que están presentes en las razas criollas de maíz, por lo cual es necesario seguir explorando estas opciones.

## LITERATURA REVISADA

- Adger, W. N.; Huq, S.; Brown, K.; Conway, D. and Hulme, M. 2003: adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies*. 3(3):179-195.
- Aguilar, N.; Rodríguez, D. A.; Enríquez, V.; Castillo, A. and Herrera, A. 2012. The mexican sugarcane industry: overview, constraints, current Status and long-term trends. *India. Sugar Tech*. 14(3):207-222.
- Alvarado, Ma.; Foroughbakhch, R.; Jurado, E. y Rocha, A. 2002. El cambio climático y la fenología de las plantas. *Ciencias UANL*. 3(4):493-500.
- Andrade, S. (2008). Mitos y verdades acerca del cambio climático en Bolivia. *Revista Boliviana de Física*, 14(1), 42-49.
- ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). 2012. Síntesis Informativa nacional sobre los principales cultivos. Dirección de Estudios y Análisis de Mercados. Dirección General de Operaciones Financieras. <http://www.aserca.gob.mx/sicsa/boletineszip/sintesisNal.pdf>.
- ASERCA, 2004, "La vanguardia en la producción de maíz en México", *Claridades Agropecuarias*, pp. 3 - 15. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2007, "Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012", SIAP-Sagarpa.
- Ati, O. F.; Stigter, C. J. and Oladipo, E. O. 2002. A comparison of methods to determine the onset of the growing season in northern Nigeria. *Int. J. Climatol*. 22:731-742.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. *Fundamentos de fisiología vegetal*. 2a ed., Ed. McGrawHill/Interamericana, 2008, Barcelona, España, 651 p., ISBN 978-84-481-5168-3
- Badilla, O. y B. Cuadrado. 1977. La sequía y sus alcances en la zona central. *Revista El Campesino*, Chile. 108(4):28-35.

- Beaubien, E. G. and Freeland, H. J. 2000. Spring phenology trends in Alberta, Canada: links to ocean temperature. *Int. J. Biometeorol.* 44(2):53-59.
- Boursiac, Y.; Boudet, J.; Postaire, O.; Luu, D. T.; Tournaire-Roux, C. y Maurel, C. Stimulus-induced downregulation of root water transport involves reactive oxygen species-activated cell signalling and plasma membrane intrinsic protein internalization. *Plant J.*, 2008, vol. 56, no. 2, pp. 207-218.
- Bradley, N. L.; Leopold, A. C.; Ross, J. and Huffaker, W. 1999. Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96:9701-9704.
- Cacciamani, C., A. Morgillo, S. Marchesi, and V. Pavan. 2007. Monitoring and forecasting drought on a regional scale: Emilia-Romagna region. In: Rossi, G., T. Vega, and B. Bonaccorso (eds). *Methods and Tools for Drought Analysis and Management*. Springer. Dordrecht, The Netherlands. pp: 29-48.
- Campillo, R. 2003. La sequía subterránea y silenciosa. Disponible en: Leído el 19 de septiembre de 2006.
- Casanova, M. 2006. El agua como recurso natural renovable. Apuntes de Cátedra Recursos Naturales Renovables, Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 12 p.
- Chakraborty, S., Tiedemann, A. V., y Teng, P. S. (2000). Climate change: potential impact on plant diseases. *Environmental Pollution*, 108(3), 317-326.
- Chang, C.-C. (2002). The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture. *Agricultural Economics*, 27(1), 51-64.
- Cline, W. R. (2007). *Global warming and agriculture: impact estimates by country* (2<sup>o</sup> ed.). Washinton DC: Center for Global development.
- Conde, C.; Liverman, D.; Flores, M.; Ferrer, R.; Araujo, R.; Betancourt, E.; Villareal, G. and Gay, C. 1977. Vulnerability of rainfed maize crops in México to climate change. *Clim. Res.* 9:17-23.

Conde, C.; Vinocur, M.; Gay, C.; Seiles, R. y Estrada, F. 2007. Climatic threat spaces in México and Argentina. *In*: Climate change and vulnerability. Leary, N.; Conde, C.; Kulkarni, J.; Nyong; Pulhin, J. (eds.). Earthscan. Londres, RU. 276-306 pp.

Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. (UNFCCC) 1992. Naciones Unidas. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>. (Consultado mayo, 2013). 3 p.

Crane, T. A., Roncoli, C., & Hoogenboom, G. (2011). Adaptation to climate change and climate variability: The importance of understanding agriculture as performance. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 57(3), 179-185. Cruz B. J. "Formulación del riesgo conjunto, inundación-sequia, bajo un esquema probabilístico, aplicado en la región hidrológica nazas-aguanaval (RH-36)". Tesis de maestría en ingeniería hidráulica. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ingeniería. División de estudios de posgrado, campus Morelos México. 2009. 196 pp. Curiel, Ricardo, 2013, "MasAgro por la seguridad alimentaria y el desarrollo agrícola sustentable en México", *Claridades Agropecuarias*, núm. 237, mayo, pp. 9 – 18.

Dinneny, J. R.; Long, T. A.; Wang, J. Y.; Jung, J. W.; Mace, D.; Pointer, S.; Barron, C.; Brady, S. M.; Schiefelbein, J. y Benfey, P. N. Cell identity mediates the response of Arabidopsis roots to abiotic stress. *Science*, 2008, vol. 320, no. 5878, pp. 942-945.

Edmeades, G.O., Bolaños, J. y Lafitte, H.R. 1992. Progress in breeding for drought tolerance in maize. *In* D. Wilkinson, ed. *Proc. 47 th Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf.*, Chicago, Illinois, Dec. 1992, p. 93-111. Washington, DC, ASTA.

Farooq, M.; Wahid, A.; Kobayashi, N.; Fujita, D. & Basra, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sust. Dev.* 29:185-212, 2009.

Fernández, B., G. Donoso, M. Luraschi, D. Orphanópoulos y C. Salazar. 1999. Estimación del impacto económico asociado a sequías hidrológicas. VI

Jornadas del Conaphi-Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile.  
Disponible en: <http://www.unesco.org.uy/phi/libros/VIJornadas/C36.pdf> .  
Leído el 17 de octubre de 2007.

- Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant tolerance. Adaptation of food crops to temperature and water stress. Proceedings of an International Symposium. Taiwan, C. George Kuo, Editor pp. 257-270.
- Ficklin, D. L., Luedeling, E., y Zhang, M. (2010). Sensitivity of groundwater recharge under irrigated agriculture to changes in climate, CO<sub>2</sub> concentrations and canopy structure. *Agricultural Water Management*, 97(7), 1039-1050.
- Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir y L. L. White (eds.) (2014), IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press / Cambridge, Reino Unido / Nueva York.
- Fischer, G., M. Shah, F. N. Tubiello y H. Van Velhuizen (2005), "Socio-economic and Climate Change Impacts on Agriculture: An Integrated Assessment, 1990-2080", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 360, núm. 1 463, pp. 2 067-2 083.
- Fischer, K. S., E. C. Johnson y G. O. Edmeades, 1984. Mejoramiento y selección de Maíz tropical para incrementar su resistencia a sequía. Centro internacional de mejoramiento del Maíz y Trigo. CIMMYT, el Batám, México.
- Fischer, R. A.; Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29:897-912. Guei, R. G. and C. E. Wassom (1992). Inheritance of some drought adaptative traits in maize: I. Interrelationships between Yield, flowering and ears per plant. *Maydica* 37:157-164.

- Frahm, M. A.; Rosas, J. C.; Ma y e k - P é r e z, N. y López-Salinas, E. Breeding beans for resistace to Terminal drougth in the lowland tropics. *Euphytica*, 2004, vol. 136, no. 2, pp. 223-232.
- Frahm, M. A.; Rosas, J. C.; Mayek-Pérez, N. y López-Salinas, E. Breed i ng beans for resistace to Terminal drougth in the lowland tropics. *Euphytica*, 2004, vol. 136, no. 2, pp. 223-232.
- García, E. 2003. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México (UNAM). 50:67-76.
- Garduño, R. 1992. El veleidoso clima, <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/127/htm/veleidos.htm>.
- Gay, C.; Estrada, F.; Conde, C.; Eakin, H. and Villers, L. 2006. Potencial impacts of climate change on agricultura: A case of study of coffee production in Veracruz, México. *Climatic Change* 79:259-288.
- Gbetibouo, G. A., y Hassan, R. M. (2005). Measuring the economic impact of climate change on major South African field crops: a Ricardian approach. *Global and Planetary Change*, 47(4), 143-152.
- González, J., y Velasco, R. (2008). Evaluation of the impact of climatic change on the economic value of land in agricultural systems in Chile. *Journal of Agricultural Research*, 68(1), 56-68.
- Guevara-Escobar, A.; Bárcenas-Huante, G.; Salazar Martínez, F. R.; González-Sosa, E. y Suzán-Aspir, H. 2005. Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación con goteo superficial. *Agrociencia* 39:431-439
- Houghton; J. T.; Meira, F. L. G.; Callander, B. A.; Harris, N.; Kattenberg, A. and Maskell, K. 1996. *Climate Change 1995: the science of climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 572 p.

- Howden, S. M., J. F. Soussana, F. N. Tubiello, N. Chhetri, M. Dunlop y H. Meinke, H. (2007), "Adapting Agriculture to Climate Change", Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 104, núm. 50, pp. 19 691-19 696.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI). 2009. Censo Agropecuario 2007. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, México, D. F.
- IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de publicación)]. Disponible en: Leído el 11 de junio de 2008.
- IPCC. (1997). Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el segundo informe de evaluación del IPCC. Ginebra: panel Intergubernamental de cambios climáticos.
- IPCC. (2007). Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for policy makers. IPCC WGII 4th. Praga, República Checa.
- Ivorí, M.F., E.R. Montaldi y O.H. Caso, 1980 Fisiología Vegetal, Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. Rep. De Argentina.
- Jenkins, M. T. and Richey, F. D. 1931. Drought in 1930 showed some strains of corn to be drought resistance. U.S. Dept. Agric. Yearbook. 198-200 pp.
- Kavar, T.; Maras, M.; Kidric, M.; Sustar-Vozlic, J. y Meglic, V. Identification of genes involved in the response of leaves of *Phaseolus vulgaris* to drought stress. *Mol. Breed.*, 2007, vol. 21, pp. 159-172.
- Kilen, T. C.; y R.H. Andrew, 1969. Measurement of drought resistance in corn. *Agron. Jour.* 61: 699-677.

- Kramer, P. M. 1980. Drought stress and origin adaptations in: adaptation of plant to water and high temperature stress (Ed.) N. C. Turner and P. J. Kramer, Wiley. New York, USA.
- Kumar, K. and Parikh, J. 2006. Indian agriculture and climate sensitivity. *Global Environmental Change*. 16:340-348.
- La Red, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres. 2003. Guía metodológica de Desinventar. Disponible en: Leído el 10 de agosto de 2008.
- Labate, J.; Grandillo, A. S.; Fulton, T. /et al./.. Tomato. En: Kole, C. Eds. *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2007. pp. 1-95.
- Mendelsohn, R., y M. E. Schlesinger (1999), "Climate-Response Functions", *Ambio*, vol. 28, núm. 4, pp. 362-366.
- Mejía Contreras, Apolinar, y José D. Molina Galán. 1999. comparación de procedimientos para la conversión a rendimiento por hectárea en la evaluación de variedades tropicales de maíz. *Agrociencia* 33: 159-163.
- Miklas. P. N. & Singh. S. P. (2007). Common bean. Pages 1 -31 in C. Kole, ed. *Genome mapping and molecular breeding in plants*. Vol. 3. Pulses, sugar and tuber crops. Springer, Berlin, Germany.
- Milly, P. C. D.; Betancourt, J.; Falkenmark, M.; Hirsch, R. M.; Kundzewicz, Z. W.; Lettenmaier, D. P. and Stouffer, R. J. 2008. Stationarity is dead: whither water management. *Science*. 319:573-574.
- Molina, C. 2000. Efectos causados por la sequía al sector agrícola y la respuesta del Gobierno. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Universidad Mayor, Chile. 120 p.
- Moreno, I.; Cuñarro, R.; González, M. C.; Almenares, J. C.; Fito, E. y González R. 2001. Comportamiento de tres nuevas variedades de arroz (*Oriza sativa* L.) para condiciones de secano y secano favorecido en la isla de la juventud. *Cultivos Tropicales* 22:27-30.

- Muñoz, A.; Rodríguez, J. L. 1988. Models to evaluate drought resistance. Abstracts international conference on dryland farming, Amarillo/Bushland, Texas. U. S. A. p. 60.
- Muñoz, P. D. y Hernández, R. G. 2004. Situación actual y perspectiva del maíz. 2004. El Sistema de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP). SAGARPA. México, D. F. 136 p.
- Nadal, Alejandro y Wise, Timothy, 2005, "Los costos ambientales de la liberalización agrícola: El comercio de maíz entre México y EE.UU. en el marco del NAFTA", edits., Globalización y medio ambiente: Lecciones desde las Américas, Santiago, RIDES – GDAE, pp. 49- 92.
- Nilsen, E. T. y Orcutt, D. M. Physiology of plants under stress. Abiotic factors. John Wiley and Sons, New York, NY. 1996.
- Nir, I.A.; Mayber-Poljakoff y S. Klein, 1970. The effect of the water stress on the polysome population and the ability to incorporate aminoacid in maize root tips. Israel. J. Bot 19:451-462.
- Peleg, Z.; Apse, M. P. y Blumwald, E. Engineering Salinity and Water-Stress Tolerance in Crop Plants: Getting Closer to the Field. *Advances Bot. Res.*, 2011, vol. 57, pp. 407-443.
- Peñuelas, J. and Filella, I. 2001. Phenology: responses to a warming world. *Science* 294(5543):793-795.
- Pérez, O. El suelo y el déficit hídrico en los cultivos. Ediciones Mundi Prensa. Bilbao, España. 2007. pp. 206.
- Pérez, O. El suelo y el déficit hídrico en los cultivos. Ediciones Mundi Prensa. Bilbao, España. 2007. pp. 206.
- Potters, G.; Pasternak, T. P.; Guisez, Y.; Palme, K. J. y Jansen M. A. K. Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble?. *Trends Plant Sci.*, 2007, vol. 12, no. 3, pp. 99-105.

- Qiu, G.-y., Yin, J., y Geng, S. (2012). Impact of Climate and Land-Use Changes on Water Security for Agriculture in Northern China. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(1), 144-150.
- Ramirez-Villegas, J., Jarvis, A., y Läderach, P. (2010). Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The EcoCrop model and a case study with grain sorghum. *Agricultural and Forest Meteorology*.
- Rosales-Serna. R. Ramírez-Vallejo. P. Acosta-Gallegos. J. A. Castillo-González. F. y Kelly. J. D. (2000). Grain yield and drought tolerance of common bean under field conditions. *Agrociencia*, 34(2), 153-165.
- Rosales-Serna. R. Ramírez-Vallejo. P. Acosta-Gallegos. J. A. Castillo-González. F. y Kelly. J. D. (2000). Grain yield and drought tolerance of common vean under field conditions. *Agrociencia*, 34(2), 153-165.
- Ruíz, C. J. A.; Ramírez, D. J. L.; Flores, M. G. J. y Sánchez, C. 2000. Cambio climático y su impacto sobre la estación de crecimiento de maíz en Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:169-182.
- Saad, Isabel, 2004, "Maíz y libre comercio en México", *Claridades Agropecuarias*, núm. 127, pp. 44 – 48.
- SAGARPA, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) <http://www.siap.gob.mx/ventana.php?idLiga=1237&tipo=1> . Consultado julio 2012.
- Salas, J. 1978. Statistical properties of drought. United States-Argentinan workshop od droughts. Mar del Plata, Argentina.
- Sánchez, I.; Díaz, G.; Cavazos, M. T.; Granados, R. y Gómez, E. 2011. Elementos para entender el cambio climático y sus impactos. Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa. 167 p.
- Sánchez, P.A., Nicholaides, J.J., III y Couto, W. 1977. Physical and chemical constraints to food production in the tropics. *In* G. Bixler y L.W. Shenilt,

- eds. *Chemistry and world food supplies: the new frontiers*, CHEMRAWN II, p. 89-105. Los Baños, Philippines, IRRI.
- Sayre, J. D. 1932. Corn strains resistance to drought. Ohio Agric. Exp. Sta. Bull. 497 p.
- Sene, K. 2010. Hydro-meteorology. Forecasting and Applications. Springer. Dordrecht, The Netherlands. 355 p.
- Stepuhn, H. y Raney, J. Emergence, height, and yield of canola and barley grown in saline root zones. *Canadian J. Plant Sci.*, 2005, vol. 85, pp. 815-827.
- Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P. M. Midgley (eds.) (2013), IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press / Cambridge, Reino Unido / Nueva York.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. *Plant Physiology*. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts. 764 p.
- Tardieu, F. y Davies, W.J. 1993. Root-shoot communication and whole-plant regulation of water flux. In J.A.C. Smith y H. Griffiths, eds. *Water deficits - plant responses from cell to community*, p. 147-162. Oxford, UK, BIOS Scientific Publishers.
- Thakur, P.S.; y Rai, V.K., 1984. Water stress effects on maize: growth responses of two differentially drought sensitive maize cultivars during early stage of growth. *Indian J. Ecol.* 11(1): 92-98.
- Torres R., L. (2010). *Análisis Económico del Cambio Climático en la Agricultura de la Región Piura-Perú, Caso: Principales Productos Agroexportables* (1° ed.). Perú: CIES - Universidad Nacional de Piura.
- Turner, N.C.; y J.E. Begg, 1981. Plant water relations and adaptations to stress. *Plant and Soil* 58:57-131.

- Vanesa, C. C. (2004). Comunidad internacional y Cambio Climático Global. A propósito de nuevas tendencias y escenarios, from <http://www.caei.com.ar/ebooks/ebook14.pdf>.
- Villers, L.; Arizpe, N.; Orellana, R.; Conde, C. y Hernández, J. 2009. Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México. *Interciencia* 34(5):322-329. Walter, J. ; Jentsch , A . ; Beierkuhnlein, C. y Kreyling, J. "Ecological stress memory and cross stress tolerance in plants in the face of climate extremes". *Environmental and Experimental Botany*, vol. 94, 2013, (ser. Cross-stress tolerance and stress «memory» in plants), pp. 3-8, ISSN 0098-8472, DOI 10.1016/j. envexpbot.2012.02.009.
- Westgate, M.E. 1994. Seed formation in maize during drought. *In* K.J. Boote, J.M. Bennett, T.R. Sinclair y G.M. Paulsen, eds. *Physiology and determination of crop yield*, p. 361-364. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
- Witcombe, J. R.; Hollington, P. A.; Howarth, C. J.; Reader, S. y Steele, K. A. Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biol. Sci.*, 2008, vol. 363, no. 1492, pp. 703-716.
- World Meteorological Organization. A decadal against natural disasters. WMO No. 799, 1994.
- Zinselmeier, C., Westgate, M.E. y Jones, R.J. 1995. Kernel set at low water potential does not vary with source/sink ratio in maize. *Crop Sci.*, 35: 158-163.

Cuadro 3. Listado de híbridos usados en el ensayo.

|                               |
|-------------------------------|
| CML549<2(NVOL17)-15-1//CML576 |
| CML549<2(COAH61)-47-1//CML576 |
| CML549<2(COAH56)-22-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL17)-52-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-74-1//CML576  |
| CML549<2(COAH56)-49-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-62-1//CML576  |
| DK4050W                       |
| CML549<2(TAMA46)-21-1//CML576 |
| CML549<2(COAH56)-27-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-27-1//CML576  |
| CML549<2(NVOL17)-33-1//CML576 |
| CML549/CML576                 |
| CML549<2(NVOL5)-52-1//CML576  |
| CML549<2(COAH56)-9-1//CML576  |
| CML549<2(COAH56)-68-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-33-1//CML576  |
| LPSC7-F64/CML550              |
| CML549<2(COAH61)-19-1//CML576 |
| CML549<2(COAH61)-2-1//CML576  |
| CML549<2(COAH61)-7-1//CML576  |
| CML549<2(TAMA46)-79-1//CML576 |
| CML549<2(COAH61)-72-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-71-1//CML576  |
| P3258W                        |
| CLRCW/100/CLRCW96//CML576     |
| CML549<2(NVOL5)-64-1//CML576  |
| CML549<2(NVOL17)-63-1//CML576 |
| CML549<2(COAH61)-17-1//CML576 |
| CML549<2(COAH56)-34-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-57-1//CML576  |
| CML549<2(TAMA46)-64-1//CML576 |
| CML549<2(COAH61)-31-1//CML576 |
| CML549<2(TAMA46)-62-1//CML576 |
| CML549<2(COAH56)-54-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-60-1//CML576  |
| CML549<2(TAMA46)-46-1//CML576 |

|                               |
|-------------------------------|
| CML549<2(NVOL17)-3-1//CML576  |
| CML549<2(NVOL17)-54-1//CML576 |
| CML549<2(COAH61)-50-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL17)-69-1//CML576 |
| CML549<2(COAH56)-42-1//CML576 |
| CML549<2(TAMA46)-77-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-47-1//CML576  |
| CML549<2(COAH61)-12-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-12-1//CML576  |
| CML549<2(NVOL5)-53-1//CML576  |
| CML549<2(COAH56)-69-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-56-1//CML576  |
| CML549<2(NVOL5)-75-1//CML576  |
| CML549<2(COAH56)-58-1//CML576 |
| CML549<2(COAH56)-46-1//CML576 |
| CML549<2(TAMA46)-73-1//CML576 |
| CML549<2(COAH61)-58-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL17)-41-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-13-1//CML576  |
| CML549<2(NVOL17)-65-1//CML576 |
| CML549<2(TAMA46)-42-1//CML576 |
| CML549<2(COAH61)-9-1//CML576  |
| CML549<2(TAMA46)-31-1//CML576 |
| CML549<2(COAH61)-70-1//CML576 |
| CML549<2(COAH56)-50-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-63-1//CML576  |
| CML549<2(NVOL5)-77-1//CML576  |
| CML549<2(NVOL5)-50-1//CML576  |
| CML549<2(COAH56)-53-1//CML576 |
| CML549<2(COAH61)-8-1//CML576  |
| CML549<2(COAH61)-75-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL17)-37-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL5)-3-1//CML576   |
| CML549<2(COAH61)-30-1//CML576 |
| CML549<2(NVOL17)-24-1//CML576 |