

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA DE MAÍZ TROPICAL PRECOZ  
BASADO EN SU RENDIMIENTO BAJO ESTRÉS HÍDRICO**

**P O R**

**WILBERT ANCHEYTA PÉREZ**

**T E S I S**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2011**

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

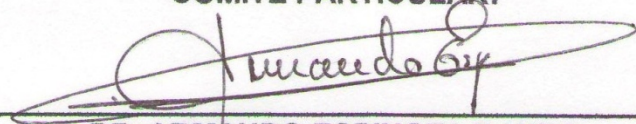
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. **WILBERT ANCHEYTA PÉREZ** ELABORADA BAJO LA  
SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ PARTICULAR:**

Asesor  
Principal:



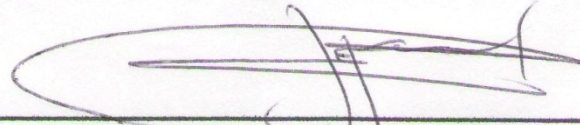
**DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA**

Asesor:



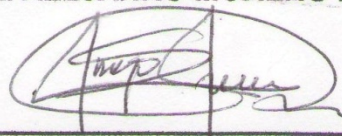
**DR. ARTURO PALOMO GIL**

Asesor:



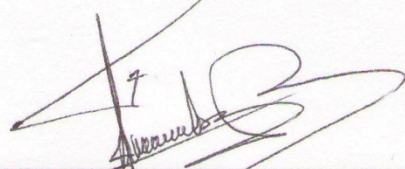
**DR. ALEJANRO MORENO RESÉNDEZ**

Asesor:

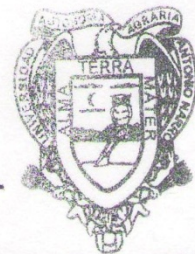


**DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS**



**DR. FRANCISCO JAVIER SANCHEZ RAMOS**



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2011

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

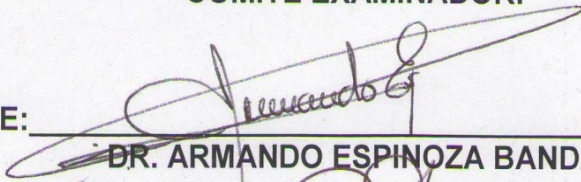
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ EXAMINADOR:**

**PRESIDENTE:**

  
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

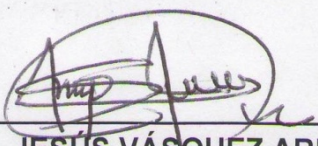
**VOCAL:**

  
DR. ARTURO PALOMO GIL

**VOCAL:**

  
DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

**VOCAL:**

  
DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS**

  
DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS



**Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas**

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2011

En cada final, hay un nuevo comienzo, una ocasión para forjar nuevas metas, renovar sueños y reavivar las esperanzas.

En mi paso por este mundo, me he dado cuenta de que todo en ésta vida tiene un precio, independientemente la denominación; las cosas más valiosas no se pueden pagar con dinero. Hay que pagarlo con esfuerzo, entusiasmo, lucha constante y en muchas ocasiones también con sufrimientos, en donde cada tropiezo debemos levantarnos con un espíritu renovado de aprendizaje y superación.

El camino de la vida inicia cuando se nace y termina cuando se muere, y cada una de las sendas está hecha para recorrerla solo, donde el principal rival es uno mismo, nuestro más duro adversario.

Si cada uno de nosotros avanzamos con la seguridad de la dirección de nuestros sueños y deseamos con pasión conquistar las alturas, al final encontraremos el éxito inesperado en cualquier momento.

Cada libro de la vida, está escrito con nuestra forma de ser, realización de nuestros sueños, de la visión y la entrega diaria hacia lo que queremos. El presente trabajo más que un sueño alcanzado, es un segmento de la vida; es parte de la jornada que finalizará con el último aliento de la vida.

**WILBERT ANCHEEYTA PÉREZ**

## DEDICATORIAS

A mis padres **Anselmo Ancheyta Javalois** y **María Guadalupe Pérez Vázquez** quienes han sabido orientarme en mi camino, pues ellos han sido fuente de inspiración y lucha para culminar esta etapa de mi vida. Por darme sus confianzas y paciencia durante todo este tiempo, por haberme brindado ese amor de padres que dichosamente los tengo, por sus comprensión y consejos, por los momentos que ellos estaban cuando yo más los necesitaba y gracias por ser mis padres los quiero con todo mi ser mil gracias.

A mis hermanos **María del Rosario, Lorena, Eugenio y Emmanuel** por brindarme su afecto, cariño y apoyo; ya que ha sido partícipe de mis esfuerzos para poder culminar mi carrera universitaria. Por aguantarme cuando estoy con ustedes, por compartir sus cosas conmigo, por darme mi lugar como hermano depositando sus confianzas en que algún día les podré apoyar.

A mis abuelos **Eugenio Pérez Ancheyta** y **Juana Vázquez Hernández**, a mis tíos y a toda mi familia por todo su apoyo incondicional. Que algún día anhelaban verme con una profesión dándome así fuerzas para seguir adelante, más que nada gracias por demostrarme siempre la confianza que me tienen.

A una persona muy especial **Mónica Velázquez Hernández**, por todas las cosas que hemos compartido ya que despertaste en mí, nuevas ilusiones para ver hacia delante porque conté contigo en esos momentos que me sentía triste, solo y abatido, me hiciste sentir la persona más feliz del universo con tan solo escuchar tu dulce voz, ver tus lindos ojos y tenerte en mis brazos, mil gracias amor mío.

A todos mis compañeros de clases que estuvieron conmigo durante todo el transcurso de la carrera

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia doy gracias al autor de la vida **DIOS** y a la **VIRGEN DE GUADALUPE**, por haberme brindado la oportunidad de vivir, por haberme dado la sabiduría, paciencia y toda la fuerza necesaria para lograr culminar este trabajo, ya que en todo momento han estado conmigo. Por dejar que disfrute de este momento en compañía de todos mis seres queridos.

Gracias por estar a mi lado.

A la **UAAAN** por brindarme la oportunidad de superarme, en cada una de sus aulas, por ser una casa siempre para mí, por compartir sus conocimientos conmigo y todas sus cosas que guarda dentro, por hacerme un profesionalista haciéndome sentir orgulloso de ella ya que fue mi pilar para poder ser una persona mejor cada día te llevo en el corazón, mil gracias mi “**ALMA TERRA MATER**”.

**Al Dr. Armando Espinoza Banda**, por compartir parte de sus conocimientos conmigo, por platicar sus experiencias vividas en sus estudios exhortándome así a seguir adelante, por la paciencia que tuvo conmigo y que mediante su llamada de atención constante pude aprender a ser una persona cada día mejor con una misión y visión objetiva para desarrollar mis estudios

de la mejor forma posible por ser una persona sencilla y por la confianza depositada, la amistad que me ha brindado en todo este tiempo de mi carrera mil gracias y que dios me lo bendiga.

**Al Dr. Arturo Palomo Gil**, por brindarme un apoyo constante en toda mi estancia en la Universidad, Le agradezco su nobleza, sinceridad y humildad como persona.

**Al Dr. Alejandro Moreno Reséndez**, por brindarme su apoyo y amistad en todos los aspectos desde una sonrisa hasta la ayuda para desarrollar mi tesis para que toda salga como lo establecido muchas gracias doctor por ser como es mil gracias.

**Al Dr. Jesús Vásquez Arroyo** por la confianza depositada, la amistad y el apoyo brindado incondicional, para la realización de este trabajo.

**Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y al Proyecto Cooperativo para el Fondo Regional de Tecnología agropecuaria (FONTAGRO)**. Este trabajo de tesis, incluye germoplasma del CIMMYT, y se desarrolló dentro del marco del convenio UAAAN-CIMMYT.

**A mis profesores**, que me brindaron su conocimiento y amistad en toda mi formación académica gracias.



Sin olvidar al personal del Departamento de Fitomejoramiento, quienes siempre estuvieron ahí, para ayudarme es de mencionar a la **Sra. Rosalba Tejada Correa** por brindarme su amistad y su apoyo.

**A mis tíos**, les agradezco mucho sus consejos que me dan para que yo salga adelante.

**A mis primos**, Alberto Montes Pérez, Mauricio Montes Pérez, Vidal López Reyes, Juana Vera Pérez, que de alguna manera han estado junto a mí en los momentos de alegría y tristeza durante todo este tiempo de mi vida, solo me resta decirle mil gracias.

A mis amigos, **Mercedes Hernández Montes** (ejemplo) por regalarme consejos que algún día los necesite y necesitare para salir adelante, **Edgar Antonio Suárez** (el destornudo) por brindarme su amistad, ese apoyo incondicional y la confianza para salir adelante en los trabajo, por esas noches locas de desvelo haciendo las tareas y no se diga la tesis, que hasta diarrea mental nos dio , **Felipe Pura Espinoza** (me me me me guenza de mi mismo), no sé qué quiso decir con esa frase pero bueno, la omitimos. Se les agradece a todos por el apoyo y consejos aportados para culminar uno de mis sueños que era terminar la carrera, mil gracias a todos.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de la UAAAN-UL ubicada en periférico Raúl López Sánchez y carretera Santa Fe, Torreón Coahuila México, durante el ciclo primavera 2010. El objetivo de este experimento fue Evaluar y seleccionar los genotipos con base a su potencial de rendimiento y características agronómicas, bajo estrés hídrico. Consistió de 70 genotipos de maíz tropical precoz proveniente del CIMMYT dentro del programa global de maíz. Se utilizó un diseño en una distribución de tratamientos en alfa látice con 21 bloques y 10 tratamientos por bloque, en 3 repeticiones. La parcela experimental fue de 5 m de largo y 0.75 m entre surcos, y una distancia entre planta y planta de 0.25 m. Las variables evaluadas fueron: (FM) Floración Masculina, (FF) Floración Femenina, (AP) Altura de Planta, (AM) Altura de Planta, (AR) Acame de Raíz, (AT) Acame de Tallo, (COB) Cobertura, (MP) % de Mazorcas Podridas, (TEX) Textura, (AMZ) Aspecto de Mazorca, (RG) Rendimiento de Grano, (SPAD) Cuantificación de clorofila. El análisis estadístico para las variables agronómicas con el paquete SAS (SAS Institute, Inc.; SAS.B. 2009). Los resultados indican diferencias estadísticas entre los genotipos. El genotipo T44 fue más sobresaliente en rendimiento y en características agronómicas, la pudrición de mazorca afecto el aspecto de mazorca y negativamente el rendimiento.

**Palabras claves:** Rendimiento, Selección, Pudrición de mazorca, Aspecto de mazorca, germoplasma.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIAS</b> .....	V
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	VIII
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	XV
<b>RESUMEN</b> .....	XI
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	XV
1.1. Objetivos .....	3
1.1.1 Objetivo general .....	3
1.1.2 Objetivo específico .....	3
1.2. Hipótesis .....	4
1.3. Metas .....	4
<b>CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
2.1. Los factores abióticos, principales problemas en la agricultura .....	5
2.2. Estrés hídrico .....	6
2.3. Maíz tropical .....	8
2.4. Efecto de la sequía .....	13

2.5. Efecto de la temperatura .....	15
2.6. Riego deficitario .....	17
2.7 Acame de Raíz y Tallo .....	19
2.8 La clorofila como un factor de rendimiento .....	20
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>220</b>
3.1 Localización del area experimental .....	221
3.1.1 Ubicación geográfica .....	21
3.2. Material genético.....	22
3.3. Diseño experimental .....	23
3.4. Manejo agronómico.....	23
3.4.1 Preparación de terreno .....	23
3.4.2 Siembra .....	23
3.4.3 Fertilización.....	24
3.4.4 Riegos.....	24
3.4.5. Control de plagas.....	25
3.4.6. Control de maleza.....	25
3.4.7. Cosecha.....	25
3.5. Características evaluadas .....	26
3.5.1. Días a floración masculina.....	26

3.5.2. Días a floración femenina .....	26
3.5.3. Altura de planta.....	26
3.5.4. Altura de mazorca.....	26
3.5.5. Acame de Raíz .....	27
3.5.6. Acame de Tallo .....	27
3.5.7. Cobertura de Mazorca .....	27
3.5.8. Mazorcas podridas.....	27
3.5.9. Textura.....	28
3.5.10. Aspecto de mazorca .....	28
3.5.11. Rendimiento de grano.....	28
3.5.12. Cuantificación de la clorofila .....	28
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>30</b>
4.1. Floración masculina y femenina .....	30
4.2. Altura de planta y mazorca .....	31
4.3. Acame de Raíz y Tallo.....	31
4.4. Cobertura de mazorca .....	32
4.5. Porcentaje de mazorcas podridas .....	33
4.6. Textura .....	33
4.7. Aspecto de mazorca .....	34

4.8. Rendimiento de grano.....	34
4.9. Cuantificación de clorofila .....	35
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>APÉNDICE .....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Maíces de tierras bajas tropicales y área de las diferentes clases de madurez.	12
<b>Cuadro 2.</b> Ambientes subtropicales y de altitud media con las áreas correspondientes a clases de madurez ara varios tipos de grano.	12
<b>Cuadro 3.</b> Días a la floración, rendimiento de grano e índice de cosecha de cultivares de maíz de zonas bajas y de zonas al tasa cultivados en cinco ambientes de diferentes temperaturas estacionales en México.	17
<b>Cuadro 4.</b> Datos tomados en la estación meteorológica del UAAAN-UL 2010.	21
<b>Cuadro 5.</b> Material genético utilizado.	21
<b>Cuadro 6.</b> Fecha de riego, lamina de riego aplicada en la evaluación de 70 genotipos de maíz tropical de precoz evaluados bajo dos condiciones de estrés hídrico evaluados en la UAAAN-UL, 2010.	24
<b>Cuadro 7.</b> Cuadrados medios de 70 genotipos de maíz tropical precoz evaluados bajo condiciones estrés hídrico evaluados en la UAAAN-UL, 2010.	30
<b>Cuadro 8.</b> Medias de los 15 mejores tratamientos de maíz tropical precoz evaluados bajo condiciones estrés hídrico de UAAAN-UL, 2010.	35
<b>Cuadro 9.</b> Medias de 70 genotipos de maíz precoz evaluados bajo condiciones de estrés hídrico evaluados en la UAAAN-UL, 2010.	42

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el tercer cereal en importancia a escala mundial y junto con el arroz y el trigo proporciona el 60 % de las calorías y las proteínas de la dieta promedio de las personas en el mundo. Los rendimientos del maíz en el mundo desarrollado promedian las 8.2 t·ha<sup>-1</sup> mientras que en las zonas tropicales menos desarrolladas oscilan en 3.5 t·ha<sup>-1</sup> (Cabrera *et al* 2011).

La producción a nivel mundial en el 2009 fue de 818 823 434 toneladas. Dentro de los principales países productores de maíz se encuentra EUA y China, México se encuentra en el sexto lugar con una producción de 23 301 879 ton y una superficie sembrada de 7 860 705 ha<sup>-1</sup>. Entre los cinco grandes productores de maíz en México se encuentran Sinaloa, Jalisco, México, Michoacán y Guerrero (SIAP, 2010).

El maíz se ha cultivado en México desde hace más de diez mil años (Turrent *et al* 2004; Miranda, 2000) en diversas condiciones ecológicas (Luna, 2003; Muñoz, 2003). Se trata de la especie con el mayor número de usos, adaptabilidad y diversidad genética (Muñoz, 2003; Warman, 1988; Benz, 1977).



En México, el maíz ha sido el cultivo más importante, tanto agrícola como social y económico, desde que se conocen escritos sobre él (Luna, 2003; Muñoz, 2003; Ángeles, 2000), debido a que forma parte de la dieta de la mayoría de los mexicanos, principalmente, los de escasos recursos que viven en áreas marginales (Mendoza *et al* 2006), además, es el principal cultivo en área sembrada, producción, valor de la producción, número de productores y jornales que genera (Sierra *et al* 2003), se cultiva en todas las entidades federativas (Luna, 2003).

El cambio climático, es uno de estos factores que repercute en el calentamiento global y la escasez de agua, los niveles de los freáticos se han abatido, los cauces de los ríos han disminuido y los niveles de presas han llegado al límite, esto gradualmente ha obligado al cierre de canales para uso agrícola. El cambio climático está ocasionado sequías que afectan severamente a la agricultura (Iturriaga, 2010). En México, el maíz es la base de la alimentación, sin embargo cada año las pérdidas por sequía son del 69 % (Elbein *et al* 2009).

La sequía es el estrés abiótico más importante, limitando y desestabilizando la producción ya que, se producen déficits de agua impredecibles durante el ciclo del cultivo. La variabilidad del suelo también afecta la disponibilidad de agua para las plantas y de la misma pueden resultar variaciones del rendimiento de hasta 10 veces en una campaña relativamente seca (Rossi, 2009).

Los déficits hídricos afectan 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: reducción del tamaño de la planta, área de la hoja y rendimiento del cultivo. Además, el grado de sensibilidad al estrés hídrico en este cultivo, depende del momento en que ocurra (Martínez, 2003).

El propósito de esta investigación fue evaluar un grupo de 70 colectas de maíz tropical precoz de origen diverso, sometido un estrés hídrico y, seleccionar los más sobresalientes con base a su potencial de rendimiento y características agronómicas.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar 70 genotipos sometidos a estrés hídrico, y seleccionar las mejores con base a su potencial de rendimiento y características agronómicas.

### **1.1.2. Objetivo específico**

Seleccionar al menos el 20 % de los mejores genotipos con respecto a su resistencia a sequía, rendimiento de grano y mejores características agronómicas.

## **1.2. Hipótesis**

**Ho:** Las colectas cumplen con las expectativas de rendimiento en riego restringido en la Comarca Lagunera.

**Ha:** Las colectas no cumplen con las expectativas de rendimiento en riego restringido en la Comarca Lagunera.

## **1.3. Meta**

Detectar y seleccionar al menos un 20 % de los mejores genotipos sobresalientes por su rendimiento y características agronómicas.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1. Los factores abióticos, principal problema en la agricultura**

Hasta el momento la sequía y la salinidad del suelo, son dos de las condiciones adversas abióticas más comunes que afectan al crecimiento y productividad de los cultivos agrícolas. Como resultado, el desarrollo del mejoramiento de los niveles de tolerancia a estos estreses se ha convertido en una prioridad urgente. Simultáneamente, el esfuerzo de la comunidad científica está siendo aplicado para entender los mecanismos de adaptación usados por las plantas para combatir las condiciones adversas abióticas (Askari *et al* 2006).

La desertificación es un fenómeno complejo que se relaciona con el deterioro de los ecosistemas, la reducción del potencial biológico y la pérdida de la productividad del suelo. Este fenómeno constituye un problema ambiental de importancia mundial y, a su vez, se vincula con otros de carácter global como son el calentamiento global, la disminución de la biodiversidad y la captura de carbono, la poca disponibilidad de recursos hídricos, y el empobrecimiento y la migración de la población (Oropeza *et al* 2007).

México ante el cambio climático, muestra una gran susceptibilidad al ser afectado por diversos procesos que conllevan a la desertificación, parcialmente en las zonas áridas como consecuencia de su posición geográfica, relieve, inclinación del terreno, clima, características de los suelos, y condiciones socioeconómicas. Entre las variaciones climáticas, la sequía es la de mayor relevancia; ésta se considera como una deficiencia constante de la precipitación que afecta amplias zonas de una determinada región y se traduce en un periodo de clima anormalmente seco y lo suficientemente prolongado como para que la escasez de agua de lugar a un agudo desequilibrio hídrico (Oropeza *et al* 1994). Al respecto cabe resaltar que aproximadamente el 54.4 % de la población mexicana habita en zonas áridas (Oropeza, 2007).

En México, agricultura es una fuente importante de empleo y de ingreso económico, y es alta la dependencia de las actividades agrícolas, la vulnerabilidad de este sector implica un alto riesgo ante la presencia de salinidad y sequía que han asolado grandes extensiones y propiciado severos desajustes a la economía regional y nacional (Velasco *et al* 2005).

## **2.2. Estrés hídrico**

Las plantas están continuamente expuestas a estudios ambientales que influyen en su desarrollo, crecimiento y determinan su productividad. El déficit de agua es el factor ambiental más común que produce estrés, así como un factor limitante para la productividad en las plantas. Sin embargo, las plantas

sufren estrés hídrico no sólo en la sequía y concentraciones de salinidad, sino también en condiciones de bajas temperaturas (Shinozaki *et al* 1997).

La habilidad de las plantas para tolerar el déficit de agua está determinada por múltiples vías bioquímicas que facilitan la retención o adquisición de agua, que protegen las funciones de los cloroplastos, y mantienen la homeóstasis iónica. Las rutas esenciales incluyen aquéllas que conducen a las síntesis de metabolismo osmóticamente activo y de proteínas específicas que controlan el flujo de iones y de agua, que actúan antes especies de oxígeno reactivo que causan daño celular o pueden actuar como chaperonas (Bonhert *et al* 1996).

Las plantas muestran ante el estrés hídrico respuestas que tienden a evitarlo o bien, mecanismos o adaptaciones que permiten tolerarlo, y ambas estrategias coexisten en cualquier tipo de sistemas. El estudio de las respuestas de las plantas al estrés permite conocer cómo éstas funcionan en sus ambientes naturales y cuáles son los patrones que determinan su distribución, supervivencia y crecimiento (Ackerly *et al* 2002).

El grado de tolerancia varía de una planta a otra, del punto mínimo al punto más elevado. La tolerancia a la deshidratación es un rasgo que existe en la mayoría de las plantas superiores pero solo en algunas especies, un ejemplo claro de este fenómeno lo presenta la planta de resurrección *Craterostigma plantagineum*, una dicotiledónea originaria del Sur de África (Bartels *et al* 2001). Los mecanismos de tolerancia al estrés empiezan con la percepción del

mismo seguido de la formación de productos de genes que están implicados en la protección celular y en la reparación. Las vías de translocación de señales que detectan el estrés juegan un papel crucial en la inducción de la tolerancia al estrés en plantas (Smalle *et al* 2004).

El estrés hídrico a nivel celular genera una concentración de soluto, la pérdida de turgencia, cambio en el volumen celular, el trastorno en los gradientes de proteínas y diversos componentes fisiológicos y moleculares. Los efectos dependen del grado y duración de éste, de la etapa de desarrollo de la planta, de la capacidad genotípica de las especies y de las interacciones ambientales (Maadhava *et al* 2006).

La sobrevivencia ante el estrés hídrico durante un periodo corto es importante para todas las plantas y cabe tres respuestas posibles: escapar, evitarlo, o tolerarlo. Levitt (1972) propuso que las plantas pueden tanto escapar como resistir la sequía evitando (Avoiding) una reducción en su estado de agua y mediante la tolerancia a tal reducción. Todas las estrategias de tolerancia generan una limitación mayor o menor del crecimiento.

### **2.3. Maíz tropical**

La zona tropical del planeta queda comprendida entre el trópico de cáncer y el de capricornio al norte y sur del ecuador respectivamente, comprendida aproximadamente a unos 23.5° de latitud Norte y Sur. Aunque

esta división no coincide con la climatológica ya que estas zonas se rigen por su patrón de lluvia y temperatura (Heelas, 2001)

La clasificación de los ambientes del maíz se basa en las regiones climáticas correspondientes a las latitudes en que es cultivado. Los países o regiones comprendidas entre la línea ecuatorial y los 30° N y 30° S constituyen el ambiente tropical el maíz cultivado en esa zona se conoce como maíz tropical. Las regiones que están entre los 30 y 34° Norte y Sur son clasificadas como ambientes subtropicales. En estas regiones se cultiva un gran rango de genotipos, tropicales o subtropicales, los últimos derivados de la introgresión de germoplasma tropical y templado (Paliwal *et al* 2001).

El maíz es clasificado en dos tipos distintos dependiendo de la latitud y del ambiente en el que se cultiva. El maíz cultivado en los ambientes más cálidos, entre la línea ecuatorial y los 30° de latitud sur y los 30° de latitud norte es conocido como maíz tropical, mientras que aquel que se cultiva en climas más fríos, más allá de los 34° de latitud sur y norte es llamado maíz de zona templada; los maíces subtropicales crecen entre las latitudes de 30 y 34° de ambos hemisferios. Esta es una descripción muy general ya que los maíces tropicales y templados no obedecen a límites regionales o latitudinales rígidos (Bonilla *et al* 2009).

El maíz tropical a su vez, es clasificado en tres subclases, también basadas en el ambiente: de tierras bajas, de media altitud y de zonas altas.



Esta clasificación de los tipos de maíz basada en el ambiente ha sido descrita en detalle por Dowswell *et al* (1996).

La producción de maíz a nivel mundial en el 2009 fue de 818 823 434 toneladas (SIAP, 2010). El maíz tropical se cultiva en 66 países y es de importancia económica en 61 de ellos, cada uno de los cuales siembra más de 50 000 hectáreas con un total de cerca de 61,5 millones de hectáreas y una producción anual de 111 millones de toneladas métricas. El rendimiento medio del maíz en los trópicos es de 1 800 kg ha<sup>-1</sup> comparado con una media mundial de más de 4 000 kg ha<sup>-1</sup>. El rendimiento medio del maíz en las zonas templadas es de 7000 kg ha<sup>-1</sup> (CIMMYT, 1994). El cultivo del maíz en zona templada tiene, sin embargo, un ciclo mayor que la mayoría de los maíces tropicales. Por lo tanto, el rendimiento del maíz tropical, cuando se lo compara con el del maíz de zona templada, no es tan bajo; aún así, la productividad del maíz en las zonas tropicales es menor que en las zonas templadas. Hay algunas excepciones donde la productividad del maíz tropical se compara favorablemente con el maíz en los ambientes templados, tal como el maíz cultivado en la época invernal en los trópicos.

Paliwal *et al* (2001) indica que el ambiente tropical se divide en tres categorías basadas en la altitud: i) tierras tropicales bajas, entre el nivel del mar y los 1 000 msnm, ii) tierras tropicales medias, entre 1 000 y 1 600 msnm, y iii) tierras tropicales altas, a más de 1 600 msnm. La mayor parte del germoplasma subtropical es cultivado en ambientes de altitud media y de ese modo ligado al ambiente subtropical. En consecuencia, los genotipos de maíz se clasifican en:

a) tropicales de tierras bajas; b) sub-tropicales de tierras bajas y de media altitud, y c) tropicales de tierras altas. Se estima que se cultivan 38 millones de hectáreas en los ambientes tropicales de tierras bajas, 17 millones de hectáreas en los ambientes subtropicales y de media altitud y 6,5 millones de hectáreas en tierras tropicales altas. Es necesario sin embargo remarcar que estas mayores clases de genotipos de maíz no siguen estrictamente los parámetros de latitud y altitud ya que las temperaturas del período de crecimiento tienen una influencia considerable sobre la adaptación del genotipo. Dowsell *et al* (1996) han descrito en detalle estos principales ambientes del crecimiento indicando las temperaturas media, mínima, máxima y promedio de las estaciones de crecimiento del maíz.

En la clasificación de los megaambientes del maíz, el CIMMYT ha incluido algunas características adicionales que influyen sobre la adaptación y la aceptación de los genotipos de maíz en un ambiente específico. Estas son: a) la clase de madurez tardía, intermedia, temprana y extra temprana, dependiendo del período de crecimiento y de la disponibilidad de humedad; b) el tipo de grano preferido por los agricultores y los consumidores - duro, dentado o harinoso; y c) el color del grano blanco o amarillo. Esta clasificación se encuentra en la Cuadro 2.1, la cual indica el área sembrada con las distintas clases de madurez de germoplasma en los ambientes más importantes de las tierras bajas tropicales. Una clasificación similar del maíz que crece en los ambientes subtropicales y de altitud media se presenta en la Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Maíces de tierras bajas tropicales y área de las diferentes clases de madurez.

Clases de madurez	Días a madurez	Área (millones ha)	Tipo de grano	Área (millones ha)
Extra-temprana	80 – 90	2,5	Blanco duro o blanco dentado	0,5
Temprana	90 – 100	8,5	Amarillo duro	2,0
			Blanco duro	2,5
			Blanco dentado	0,7
			Amarillo duro	4,0
Intermedia	100 – 110	13	Amarillo dentado	1,3
			Blanco duro	1,4
			Blanco dentado	3,2
			Amarillo duro	5,2
Tardía	110 – 130	12	Amarillo dentado	3,2
			Blanco duro	2,5
			Blanco dentado	4,0
			Amarillo duro	4,5
			Amarillo dentado	1,0

Fuente: adaptado de CIMMYT, 1988; Vasal *et al.*, 1994.

**Cuadro 2.** Ambientes subtropicales y de altitud media con las áreas correspondientes a clases de madurez para varios tipos de grano.

Clases de madurez	Área(millones ha)	Tipos de grano
Extra-temprana	-	
Temprana	2,0	Blanco o amarillo, duro o dentado
Intermedia	5,5	Blanco duro, blanco dentado o amarillo duro o amarillo dentado
Tardía	9,5	Blanco duro, blanco dentado o amarillo duro o amarillo dentado

Algunos ambientes aptos para el maíz en las zonas tropicales tienen, sin embargo, limitaciones a causa de la intercepción de la radiación por parte de la capa de vegetación nativa que está por encima del maíz. El comportamiento individual de las plantas es afectado directamente por factores tales como la nubosidad y la densidad del cultivo y muchos ambientes en que se cultiva maíz dependen de la pluviosidad. Hay solo una pequeña área de maíz bajo riego, la

mayor parte de la cual se encuentra en ambientes subtropicales. Los ambientes de maíz de secano sufren a causa de la disponibilidad errática de la humedad durante el período de crecimiento. La sequía, el exceso de humedad, la deficiencia de nitrógeno, los suelos ácidos, la toxicidad del aluminio y la salinidad son algunos de los estreses abióticos más comunes en los ambientes del maíz en zonas tropicales bajas. La sequía, los suelos ácidos y la baja disponibilidad de nitrógeno son causa de los mayores estreses en los ambientes del maíz subtropicales y de media altitud. La sequía, la siembra demasiado profunda, la adaptación a las bajas temperaturas y, algunas veces, el daño de las heladas, son causa de los mayores estreses en los ambientes de maíz tropical de zona alta. El maíz en la zona tropical también está sometido a estreses bióticos tales como enfermedades, insectos y plagas, incluyendo la planta parásita *Striga*.

#### **2.4. Efecto de la sequía**

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). En algunos años y en algunas regiones particulares esas pérdidas pueden ser mucho mayores; El maíz en la zona tropical raramente es cultivado bajo riego y la variabilidad natural en la cantidad y distribución de la lluvia significa que el estrés de sequía puede ocurrir en cualquier momento del ciclo de su cultivo. El maíz cultivado en las

tierras bajas necesita al menos 500 mm de lluvia bien distribuida a lo largo de todo el ciclo de cultivo; en la práctica el cultivo se realiza, por lo general, en áreas que reciben de 750 a 1 750 mm anuales (Norman *et al* 1995). La severidad del estrés de sequía puede ser cuantificada en base a la extensión del secado del suelo, de la reducción de la transpiración relacionada con el potencial de evapotranspiración o del estado de la planta. El impacto de un período de restricción en la disponibilidad de agua sobre el crecimiento del cultivo es influenciado por numerosos factores, tales como la etapa de crecimiento del cultivo e historia del mismo, el área foliar, el volumen de las raíces, el déficit de la presión de vapor atmosférica, la temperatura y la radiación. Es difícil, por lo tanto, comparar los niveles de las sequías a través de los años, aún si el mismo nivel de estrés apareció en un momento particular del crecimiento del cultivo (Tardieu *et al* 1993).

Los déficits hídricos, afectan cada aspecto del crecimiento de las plantas que involucra a las anatomía, morfología, fisiología y bioquímica. Entre los efectos generales más obvios de estrés hídricos son: reducción en el tamaño de la planta, área de la hoja y rendimiento del cultivo (Kramer *et al* 1983; Wu *et al* 2001).

La sequía afecta más al maíz cuando incide cerca de la floración ya que inhibe el desarrollo floral y provoca fallas en la fertilización y aborción de cigotes (Saini *et al* 2000) o bien el saco embrionario puede ser afectado en su desarrollo pueden ser entre un 15 y 43 % induciendo una asincronía entre la antesis y la floración femenina (Ouattar *et al* 1987; Ober *et al* 1991; Desai *et al*

2001). El rendimiento de grano se reduce más que en otros estadios del crecimiento debido a que la floración es un periodo crítico en la definición del número de granos, principal componente de rendimiento (Cakir, 2004).

## **2.5. Efecto de la temperatura**

Las principales regiones de producción de maíz en las zonas tropicales se caracterizan como ambientes de tierras bajas, de media altitud y de tierras altas. Si bien esta clasificación se basa en la altitud, el factor abiótico que las distingue es la temperatura. El maíz de tierras altas se caracteriza por crecer y desarrollarse a temperaturas más bajas que los cultivares adaptados a las tierras bajas o de media altitud. La temperatura óptima para el desarrollo del maíz en las tierras bajas y de media altitud está entre 30 y 34 °C, y se considera que para los maíces tropicales de tierras altas está alrededor de 21 °C (Ellis *et al* 1992).

Los cultivares de tierras altas demoran en llegar a la floración casi el mismo tiempo que los cultivares de las tierras bajas en un ambiente cálido, pero florecen cerca de cuatro semanas antes en los ambientes fríos de las tierras altas. Las respuestas térmicas de los maíces de media altitud parecen ser similares a los de los cultivares de tierras bajas; esos tipos de maíz difieren sobre todo en sus reacciones a algunas enfermedades. Las temperaturas fuera del rango de la adaptación del cultivar pueden tener efectos negativos sobre la fotosíntesis, la traslocación, la fertilidad de las florecillas, el éxito de la polinización y otros aspectos del metabolismo (Paliwal *et al* 2001).

El maíz cultivado en las zonas tropicales bajas puede a menudo estar en un ambiente con condiciones de temperatura del aire por encima de las óptimas. Cuando las hojas transpiran libremente, la temperatura de las mismas estará 1 o 2 °C por debajo de la temperatura del aire evitando el daño a los tejidos. Si la transpiración se reduce a causa de un cierre parcial de los estomas, la temperatura de la hoja puede llegar a ser de 3 a 6 °C superior a la temperatura del aire y si el cierre de los estomas es total, la temperatura de la hoja puede ser hasta 10 °C más alta que la temperatura del aire. La fotosíntesis disminuye a temperaturas de la hoja mayores de 40 °C, aparentemente a causa del daño a las membranas fotoinhibición y el daño es más severo en condiciones de alta radiación. En un principio esta fotoinhibición es reversible, pero los daños pueden ser irreversibles si la duración de las altas temperaturas es prolongada o si la temperatura de las hojas excede de 45 °C, llegando así en los casos extremos a la muerte de los tejidos (Squire, 1990).

Las altas temperaturas que encuentran los maíces tropicales en el campo también pueden tener efecto sobre las raíces; las temperaturas de más de 45 °C en la zona de las raíces en los primeros 10 cm de suelo no son raras al inicio de la estación en zonas semiáridas. Esto puede afectar la producción de hormonas especialmente ácido abscísico y citoquininas lo cual puede a su vez restringir el desarrollo de los cloroplastos y reducir la actividad fotosintética en los vástagos (Paulsen, 1994).

**Cuadro 3.** Días a la floración, rendimiento de grano e índice de cosecha de cultivares de maíz de zonas bajas y de zonas altas cultivados en cinco ambientes de diferentes temperaturas estacionales en México.

Ubicación	Temperatura Media (°C)	Cultivares	Días a floración	Rendimiento (t/ha)	Índice de Cosecha
Batán 1993	16,7	Tierra alta	80	5,1	0,38
Batán 1989	16,8	Tierra baja	106	4,7	0,33
		Tierra alta	75	4,2	0,29
Tierra baja	17,6	Tierra baja	104	2,7	0,20
		Tierra alta	Nd	1,7	0,22
Tlaltizapán	24,6	Tierra baja	Nd	7,2	0,41
		Tierra alta	57	0,4	0,08
Poza Rica	27,8	Tierra baja	59	8,4	0,48
		Tierra alta	56	0,1	0,03
		Tierra baja	55	5,7	0,47

Los cultivares de tierras altas son *H-32* y *Across 8201*. Los cultivares de tierras bajas son variedades experimentales del CIMMYT, poblaciones 21, 22, 26 y 28, Fuente: Lafitte *et al* (1996).

## 2.6. Riego deficitario

La escasez generalizada de agua para la agricultura ha generado una fuerte necesidad de crear estrategias orientadas a mejorar la eficiencia de su uso. Un primer paso fue el desarrollo del riego localizado, que permitió aumentar la eficiencia de aplicación del agua hasta un valor cercano al 90 % (Rázuri, 1986). Ante esta situación se han desarrollado técnicas de manejo del riego en cultivos, como es el denominado Riego Deficitario Controlado (RDC) para situaciones de disponibilidad limitada de agua. Esta técnica consiste en regar a intervalos temporales con menos agua de la que se utiliza en una dosis considerada óptima, sin que se provoque daños al cultivo; es necesario por lo tanto obtener información confiable que permita calcular el nivel óptimo de



riego para cada cultivo y cada una de las zonas donde se desea establecer un régimen de riego deficitario (FAO, 1979).

Rázuri *et al* (2008) realizaron una investigación para evaluar el efecto del riego deficitario controlado a través de la aplicación de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y características morfológicas del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Presto, durante los meses de abril a agosto de 2005, producido en condiciones de campo en terrenos de la estación experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de Los Andes (IIAP ULA), en el estado Mérida, Venezuela. Los tratamientos consistieron en aplicar cuatro láminas de reposición de agua 100 % ETc, 80 % ETc, 70 % ETc, 60 % ETc., calculados a partir de los registros diarios de evaporación en un tanque evaporímetro tipo A y afectados por el coeficientes Kp (Coeficiente de tina, método FAO 33,1980). Aunque las diferencias por rendimiento, tamaño y peso de fruto entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas, los resultados indicaron que el rendimiento más elevado de tomate en las categorías total y comercial se logró con el tratamiento "T2" es decir afectando la ETc por el coeficiente de 0.80 con 62.71 t·ha<sup>-1</sup> y 53.16 t·ha<sup>-1</sup> respectivamente. La cantidad de agua aplicada por hectárea osciló entre 3.602 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> y 2.530 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> para los coeficientes de 1 y 0.6 respectivamente. En la comparación de los volúmenes de agua aplicados por hectárea se observó que el coeficiente 0.8 con que se obtuvo mayor producción, represento un ahorro del 22 % con relación al coeficiente 1, que vendría a representar el requerimiento total de la evapotranspiración.

En fruticultura se ha estado investigando una nueva estrategia de manejo del agua, denominada riego deficitario controlado (RDC), técnica a través de la cual se busca disminuir los aportes hídricos en algunas fases del ciclo anual de la especie sin afectar la producción. La reducción de los aportes hídricos en determinadas etapas del ciclo de crecimiento ha permitido, en algunas especies, tales como duraznero, almendro, naranjo y limonero, llegar a una aproximación de los requerimientos de agua que disminuyen el desarrollo vegetativo, favoreciendo la fructificación y producción (Ruiz *et al* 1995).

Saavedra (2006), en durazno, se cuantificó el efecto de tres láminas de agua (100 %, 75 % y 50 % de los requerimientos) durante toda la temporada, además de restricciones del 75 % y 50 % para cada período (primavera, verano y otoño), La aplicación de restricciones hídricas en ciertos períodos no resultó interesante, ya que si bien se logró mantener la producción en todos los casos, ninguno de estos tratamientos logró una eficiencia mayor en el uso de agua que el tratamiento con el 75 % de los requerimientos en todo el período.

## **2.7 Acame de Raíz y Tallo**

El acame de raíces en maíz es definido por Poehlman (1979) como caída o quiebra de las plantas antes de la cosecha, estimándose las pérdidas de producción entre 5 y 25 %. En maíz son definidos dos tipos de acame: acame de raíz y acame de tallo. El acame de raíces ocurre cuando el tallo cae más de treinta grados desde la vertical y el acame de tallo ocurre cuando el tallo es quebrado debajo de la mazorca. Las plantas erectas reflejan la

habilidad de las mismas para resistir condiciones adversas. En maíz, el acame de raíces dificulta severamente la cosecha mecánica, ocasionando pérdidas que pueden variar desde 5 hasta 25 % (Súber *et al* 1978).

## **2.7 La clorofila como factor de rendimiento**

La determinación del contenido de clorofilas en las hojas es usada para detectar o estudiar mutaciones, en situaciones de estrés biótico o abiótico y del estado nutricional de las plantas. La materia seca de los cultivos es determinada por el contenido de clorofilas, ya que este pigmento está directamente relacionado con los procesos fotosintéticos (Cianda *et al* 2008). De tal manera que el contenido de clorofila de las plantas está correlacionado con los rendimientos y calidad de las cosechas, como se ha demostrado en los estudios realizados en cultivos de cereales y hortalizas (Huang *et al* 2007; Arregui *et al* 2006; Le Bail *et al* 2005; Sainz *et al* 1998; Rodríguez *et al* 1998).

Los valores del SPAD (Soil Plant Analysis Development) se basa en el principio de que parte de la luz que llega a las hojas es absorbida por la clorofila y el resto que se refleja entra en contacto con las celdas detectoras del SPAD y es convertida en una señal eléctrica. La cantidad de luz captada por la celda es inversamente proporcional a la cantidad de luz utilizada por la clorofila, la señal es procesada y la absorbancia es cuantificada en valores dimensionales que van del 0 a 199, por lo que las unidades SPAD será siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas (Krugh *et al.*, 1994).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del área experimental

##### 3.1.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó el 2010, campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL), en Torreón, Coahuila; como parte del programa de mejoramiento genético de maíz del Departamento de Fitomejoramiento. Geográficamente se localiza entre los 24° 30' y 27° de latitud norte y entre los 102 y 104° 40' de longitud oeste, a una altura de 1.120 msnm. Su clima se clasifica como muy seco con deficiencia de lluvias en todas sus estaciones, además que cuenta con temperaturas semicálidas con inviernos benignos. Las condiciones climáticas del sitio experimental se pueden observar en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Datos tomados en la estación meteorológica del UAAAN-UL 2010.

	<b>Prec</b>	<b>T Max</b>	<b>T min</b>	<b>T Med</b>	<b>W max</b>	<b>EP</b>
Mayo	0.69	32.3	19.8	26.05	4.94	10.11
Junio	2.12	33.9	22.0	15.83	4.92	10.51
Julio	1.95	33.2	22.9	16.29	5.14	10.91
Agosto	1.34	31.1	20.8	2.51	4.05	9.42
Septiembre	3.97	0	0	0	0	6.20

Prec.= Precipitación en mm, T Max.= Temperatura máxima (°C), T Min.=Temperatura mínima (°C), T Med.= Temperatura media (°C), W max.= Velocidad del viento máxima (km·hr<sup>-1</sup>), EP= Evaporación potencial (mm).

### 3.2. Material genético

Consistió de 70 genotipos de maíz tropical precoz proveniente del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) como parte del programa de mejoramiento del FONTAGRO dentro del programa global de maíz. Cuadro 5.

**Cuadro 5. Material genético utilizado.**

Trat	Genealogía	Trat	Genealogía	Trat	Genealogía
1	ARZM 18 009	25	OPV-DTPW/LPSDR	49	CUBA 82
2	ARZM 18 004	26	PAZM 14107	50	GUAD GP2
3	ARZM 1124	27	ANTI GP2	51	GUAT 1100
4	SINA 29	28	TAMA 36	52	PAZM 10043
5	NVOL 9	29	TAMA GP4	53	BRAZ 2394
6	Pool 21 x Pool 22 (♂)	30	JALI 281	54	GUAT-1038
7	SALV 66	31	GUAD 6	55	HAIT GP3
8	Pool 21 x Pool 22 (Best testcrosses)	32	OPV-LPSDR	56	NAYA 174
9	GUAT 1081	33	BRAZ 1327	57	VENE 783
10	URUG 630	34	SINA 74	58	Pool 23 x Pool 24 (Best testcrosses)
11	SONO 34	35	BRAZ 2306	59	JALI 286
12	GUAD 15	36	PUER 5	60	JALI 285
13	Pool 22 x Pool 21 (Best testcrosses)	37	SCRO GP1	61	PUER 19
14	GUAT 1030	38	Pool 26 x CML-451 (Best testcrosses)	62	GUAD 3
15	TAMA 12	39	PUER GP1	63	SONO 72
16	OPV-DTPYDR	40	Pool 23 x Pool 24 (♂)	64	GUAD 9
17	JALI 397	41	RDOM GP12	65	NAYA 157
18	ARZM 06 056	42	NAYA 178	66	PAZM 6053
19	OPV-DTPWDR	43	PUER GP6	67	GUAT 1050
20	NVOL 22	44	Pool 24 x Pool 23 (Best testcrosses)	68	BRAZ 1192
21	Pool 20 x CML-494 (Best testcrosses)	45	BRAZ 2314	69	CRIC 81
22	TAMA 37	46	SINA 30	70	JALI 280
23	Pool 19 x CML-495 (Best testcrosses)	47	TUXPEÑO CREMA 1		
24	GUAD GP1	48	VENE 484		

Son 70 genotipos, donde Trat= Tratamiento y Genealogía= Lugar de donde origen.

### **3.3. Diseño experimental**

Se utilizó una distribución de tratamientos en alfa latice con 21 bloques y 10 tratamientos por bloque, en 3 repeticiones. La parcela experimental consistió en 5 m de largo y 0.75 m entre surcos, y una distancia entre planta y planta de 0.25 m.

### **3.4. Manejo agronómico**

#### **3.4.1 Preparación de terreno**

La preparación de terreno consistió en un barbecho, rastra, nivelación y trazo de surcos, e instalación de sistema de riego usando cintillas de calibre 6000 con emisores a 20 cm como modelo de irrigación.

#### **3.4.2 Siembra**

Se realizó en seco y manualmente el día 2 de junio del 2010, en surcos sencillos de 5 m de largo, depositando dos semillas por golpe a una profundidad de 5 cm y una distancia entre golpes de 0.25 m, aclarándose a los 25 días a una planta para una población aproximada de 53 mil plantas por hectáreas.

### 3.4.3 Fertilización

Se fertilizo con la fórmula 200-100-00 aplicándose el 50 % de nitrógeno y todo el fosforo, y posteriormente en el primer cultivo se aplicó el resto del nitrógeno.

### 3.4.4 Riegos

Durante ciclo de riego con un sistema de riego presurizado con el cual se aplicó una lámina total de 20.3 cm. Cuadro 3.3.

**Cuadro 6.** Fecha de riego, lamina de riego aplicada en la evaluación de 70 genotipos de maíz tropical precoz evaluados bajo condiciones de estrés hídrico evaluados en la UAAAN-UL, 2010.

Riego Deficitario					
Ap	F m/d	HR	Ac	LA	Lac
1	06/02	12	12	3.0	3.0
2	06/15	12	24	3.0	6.0
3	06/26	12	36	3.0	9.0
4	07/27	12	48	3.0	12.0
5	08/07	12	60	3.0	15.0
6	08/18	6	66	1.5	16.5
7	08/21	6	72	1.5	18.0
8	08/27	3	75	0.75	18.8
9	08/31	3	78	0.75	19.5
10	09/15	3	81	0.75	20.3

Ap= Aplicación de riego, F m/d= Fecha mes/día. HR= Horas de riego, Ac= Acumulado, LA=Lamina Aplicada cm, LAc= Lamina acumulada. El equipo está equilibrado para aplicar una lámina de 1 cm/cada 4 hr de riego.

### **3.4.5. Control de plagas**

Se realizó según la presencia o la infestación de plagas presentándose el gusano cogollero (*Spodotera frugiperda*) aplicando cipermetrina con una dosis de 100 g de ingrediente activo por hectárea i.a·ha<sup>-1</sup>. Y clorpirifos etil 720 g de ingrediente activo por hectárea i.a·ha<sup>-1</sup>, para la segunda plaga araña roja se aplicó abamectina 9 gr·ha<sup>-1</sup>.

### **3.4.6. Control de maleza**

Para mantener libre de malezas el cultivo, al momento de la siembra se aplicó un herbicida pre-emergente (Primagram gold a razón de 4 L·ha<sup>-1</sup>). Además se aplicó un cultivo a los 31 dds, y posteriormente antes de floración el control fue manual.

### **3.4.7. Cosecha**

La cosecha se realizó a mano los días 24 y 25 de octubre, cosechándose el total de las mazorcas de la parcela. Posteriormente las mazorcas de cada parcela se depositaron al inicio de la misma para su pesado y calificados.



### **3.5. Características evaluadas**

#### **3.5.1. Días a floración masculina (FM)**

Se registró como el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50 por ciento de las plantas de la parcela se encontraban liberando polen.

#### **3.5.2. Días a floración femenina (FF)**

Se registró como el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50 por ciento de las plantas de la parcela tenían o mostraban estigmas de 2-3 cm de largo.

#### **3.5.3. Altura de planta (AP)**

Se cuantifico con base en 5 plantas seleccionadas al azar como la distancia en cm desde la base de la planta hasta el nudo donde inicia la panoja o espiga.

#### **3.5.4. Altura de mazorca (AM)**

Al igual que la altura de planta, se seleccionaron 5 plantas al azar, cuantificándose desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta, en cm.

### **3.5.5. Acame de Raíz (AR)**

Se tomó al final del ciclo antes de la cosecha, registrándose el número de plantas con una inclinación  $30^\circ$  o más a partir de la perpendicular en la base de la planta.

### **3.5.6. Acame de Tallo (AT)**

Se registró con el número de plantas con tallos rotos debajo de la mazorca antes de la cosecha.

### **3.5.7. Cobertura de Mazorca (COB)**

Se registró como el número de mazorcas de cada parcela que antes de la cosecha tenían expuesta alguna parte de la mazorca. Esta variable se calificó en una escala del 1 a 5 donde 1 es cobertura excelente y 5 es cobertura deficiente o mala.

### **3.5.8. Mazorcas podridas (MZP)**

Se cuantificó al momento de la cosecha como el número de mazorcas que presentaban pudrición, la cual se expresó en porcentaje en relación al número total de mazorcas cosechada.

### **3.5.9. Textura (TEX)**

Se calificó después de la cosecha, considerando el tipo de grano, cristalino o dentado de la mazorca, calificándose en una escala de 1, 2.5 y 5, donde el uno es cristalino, el 2.5 es cuando presentaba el 50 % de cristalino y el 50 % de dentado y el 5 dentado.

### **3.5.10. Aspecto de mazorca (AMZ)**

Se calificó después de la cosecha considerando el daño por enfermedad e insectos, tamaño de mazorca, llenado y uniformidad de grano, de acuerdo a una escala de 1 a 5, donde uno es óptimo y 5 es muy deficiente.

### **3.5.11. Rendimiento grano (REN)**

Se estimó con base al peso de campo de cada parcela transformándose de kilos por parcela a  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , posteriormente del resultado obtenido se le restó el peso del olote que se tomó una constante de .5 gr.

### **3.5.12. Cuantificación de clorofila**

La cuantificación de clorofila se realizó con el clorofilómetro SPAD, calibrado para obtener un valor digital promedio del contenido de clorofila en tres plantas diferentes, tomadas al azar de cada parcela.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el presente trabajo se resume en los Cuadros 4.1-4.4. En el Cuadro 4.1, se presentan la significancia de cuadrados medios de 15 variables evaluadas en 70 genotipos de maíz cultivado bajo condiciones de estrés hídrico, donde con excepción del SPAD que fue no significativo, el resto de las variables fueron significativas y altamente significativos. Lo anterior implica que la condición de estrés hídrico tuvo un efecto significativo en el comportamiento de los genotipos, ya que el impacto de un período de restricción en la disponibilidad de agua sobre el crecimiento del cultivo es influenciado por numerosos factores, tales como la etapa de crecimiento del cultivo, el área foliar, el volumen de las raíces, el déficit de la presión de vapor atmosférica, la temperatura y la radiación (Edmeades, *et al.* 1992).

Respecto a la fuente de variación de tratamientos (Trat), la cual explica el comportamiento promedio de los genotipos evaluados, se observa que con excepción de la variable SPAD la cual fue no significativa, en el resto los genotipos mostraron una respuesta diferencial significativa y altamente significativa. Las diferencias encontradas se deben a que el origen de los genotipos son distintos, donde se encuentran materiales de origen mexicano,

brasileño, cubano, Venezolano, Guatemalteco, peruano y mejorado del CIMMYT, (Pool 25 x CL-02450).

**Cuadro 7.** Cuadrados medios de 70 genotipos de maíz tropical precoz evaluados bajo condiciones de estrés hídrico evaluados en la UAAAN-UL, 2010.

F.V G.L	Rep 2	Blo (REP) 18	Trat 69	Error 120	C.V	Media
FM	4.72	3.22	39.74**	2.29	2.47	61.21
FF	15.43	29.70	53.91**	18.77	6.87	63.05
AP	1211.21	496.17	1222.23**	137.25	5.20	224.99
AM	1144.06	356.86	1144.16**	86.09	6.22	149.11
AR	0.01	1.01	1.59*	1.14	86.62	1.23
AT	1.93	3.40	10.64**	2.01	37.71	3.76
PC	39.71	6.40	12.88**	3.36	13.22	13.86
COB	0.27	0.14	0.26**	0.16	33.37	1.22
MC	4.47	11.37	18.62**	5.48	13.84	16.91
MZP	6.28	2.78	2.64**	1.40	49.23	2.40
MxP	0.04	0.01	0.01**	0.01	12.14	0.82
TEX	3.80	1.07	6.27**	1.02	33.67	3.01
AMZ	23.46	0.66	0.79**	0.24	29.24	1.70
SPAD	34.58	34.33	29.07 ns	22.37	13.51	37.20
REN	1002849.1	1039161.3	2360059.0**	616409.4	24.59	3191.988

\*,\*\* Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, AP= Altura de Planta, AM= Altura de Planta, AR= Acame de Raíz, AT= Acame de Tallo, COB= Cobertura, MZP= Mazorcas Podridas, TEX= Textura, AMZ= Aspecto de Mazorca, SPD= Clorofila, REN= Kilogramos/ hectárea.

#### 4.1. Floración masculina y femenina

El periodo de floración masculina fue de 52.0 a 67.7 días, donde el genotipo T3 (ARZM 1124) fue el más precoz, y el más tardío fue el T65 (NAYA 157); en tanto la femenina osciló de 45.7 a 72.0, donde el T35 (BRAZ 2306) fue la más precoz y, el T60 (JALI 285) el más tardío.

Dentro de los mejores 15, se observa que el periodo de floración masculina como femenina no existe significancia entre la media general (MG) y la media de los seleccionados (MS). Se observa que el T12 (GUAD 15) es el más precoz pero uno de los menos rendidores y el T44 (pool 24 x pool 23) es uno de los más tardíos pero de los más rendidores.

#### **4.2. Altura de planta y mazorca**

Se observa que el genotipo de mayor altura de planta fue el T4 (SINA 29), y la de menor altura de planta fue el T12 (GUAD 15), en tanto el genotipo de mayor altura de mazorca fue el T34 (SINA 74) y el de menor altura de mazorca fue el T12 (GUAD 15).

Dentro de los 15 mejores, se detectan diferencias significativas en la altura de planta (AP) y mazorca (AM) entre la media general (MG) y la media de los seleccionados (MS).

#### **4.3.3. Acame de Raíz y Tallo**

El genotipo con menor acame de raíz fue el T44 (Pool 24 x Pool 23) con un valor transformado de 0.7 %, en tanto el genotipo que presentó mayor porcentaje de acame de raíz fue el T61 (PUER 19) con 5.1 %; respecto al acame de tallo, el genotipo que se observó con menor acame de tallo fue el T23 (Pool 19 x CML-495) con 0.7 % y el mayor acame de tallo fue el T12

(GUAD 15) con 9.2 % respectivamente. Comparativamente la media general fue estadísticamente igual a la media de los seleccionados Cuadro 4.3. El acame de raíz en maíz es definido por Poehlman (1979) como caída o quiebra de las plantas antes de la cosecha, estimándose las pérdidas de producción entre 5 y 25 %, el acame de raíz dificulta severamente la cosecha mecánica, ocasionando pérdidas que pueden variar desde 5 hasta 25 % (Súber y Kang, 1978). El “acame” o caída de la planta debido a la pudrición del tallo incrementa las pérdidas durante la cosecha y sobre todo hace la cosecha más difícil.

#### **4.4. Cobertura de mazorca**

La media general de cobertura (COB) de los 70 genotipos fue de 1.23, con un máximo de 2.3 y un mínimo de 1.0 respectivamente; el genotipo que presento una excelente cobertura fue el T38 (Pool26 x CML-494), estadísticamente igual a 38 genotipos y, el de mala o deficiente cobertura fue el T56 (NAYA, 174).

En los 15 seleccionados la media fue de 1.2, estadísticamente igual a la media general (MG), lo cual indica que los genotipos tienen buena cobertura.

Esta variable es importante para la producción del grano porque valora el daño de insectos, enfermedades y pájaros. Una mala cobertura tiene un efecto negativo en la producción de grano. Se observa en el Cuadro 1A.

#### **4.5. Porcentaje de mazorcas podridas**

El porcentaje de mazorca podrida (MP) se observa el T56 (NAYA 174) con un 50.5 %, y un 7.3% el T24 (GUAD GP1). En promedio los 70 genotipos registraron 24.0 % y, en los 15 mejores genotipos, se observó un 21.0 % estadísticamente iguales; el amplio rango en la susceptibilidad en esta variable es un indicativo de la variación existente en los materiales evaluados.

La pudrición de mazorca es la enfermedad más común en todo el mundo, en climas cálidos húmedos y secos (De León, 1984). Este problema se reporta en la mayoría de los países que cultivan maíz y puede ocasionar daños ligeros, moderados y severos (Ortega, *et al*, 1971). Las enfermedades que atacan el grano y la mazorca pueden reducir considerablemente el rendimiento, la calidad, y el valor alimenticio (Jugenheimer, 1981).

#### **4.6. Textura (TEX)**

En promedio, los genotipos presentaron una textura de 3, lo cual indica un predominio del tipo dentado y, en los 15 mejores esta textura fue más evidente 2.8. Siete de los 15 mejores presentaron una textura de tipo cristalino y, ocho mostraron una textura de tipo dentado. Lo anterior coincide con CIMMYT, (1998) en afirmar que el tipo dentado es el preferido por el agricultor, pues es el tipo de maíz cultivado más comúnmente para grano y ensilaje.



#### **4.7. Aspecto de mazorca**

Los genotipos evaluados presentaron un amplio rango para esta variable, pues osciló de 1.0 a 2.7, lo cual permite inferir que existen mazorcas con buen aspecto. En general el promedio del AMZ fue de 1.7 y, en los 15 mejores el AMZ mejoró con un valor medio de 1.3. Dentro de los 70 genotipos estudiados se observó un óptimo aspecto de mazorca con calificación menos de 3.

#### **4.8. Rendimiento de grano (REN)**

El REN también presentó una variación importante, pues el mayor potencial se observó para el T44 con 6107.7 Kg/ha, en contraste el T7 solo produjo 1801.8 Kg/ha. En promedio (MG) los 70 genotipos produjeron 3192.0 Kg/ha, en comparación con los 15 mejores donde el RG fue de 4523.8 Kg/ha. Los T44 como cruza simple (Pool 24 x Pool 23) con 6107.7 Kg/ha y T38 (Pool 26 x CML-451) fue estadísticamente igual a los genotipos (colectas) T40 (Pool 23 x Pool 24), T47 (TUXPEÑO CREMA 1) y, superiores al resto. Así mismo se advierte que T44 con buena precocidad, de buen porte, tolerante al acame de raíz y tallo, con buena cobertura, con el menor porcentaje en pudrición de la mazorca, buen aspecto de mazorca y de textura tipo cristalino.

#### 4.9. Contenido de clorofila

La media general de los 70 genotipos fue 37.3. Donde el T21 demostró un rango alto de clorofila de 41.7, además está entre los diez mejores materiales en cuanto a su rendimiento y el T68 el más bajo de 33.3 con un rendimiento errático. Esto quiere decir que el contenido de clorofila esta correlacionado con el rendimiento y calidad de las cosechas así como lo señalan (Huang *et al* 2007; Arregui *et al* 2006; Le Bail *et al* 2005; Sainz *et al* 1998; Rodríguez *et al* 1998).

**Cuadro 8.** Medias de los 15 mejores tratamientos de maíz tropical precoz evaluados bajo condiciones de estrés hídrico en la UAAAN-UL, 2010.

T	FM	FF	AP	AM	AR	AT	PC	C	MC	MZP	MxP	TEX	AMZ	SPAD	KGHA
44	63.0	64.7	242.0	151.7	0.7	1.3	18.3	1.7	18.7	1.6	1.0	1.0	1.0	38.1	6107.7
38	63.7	65.7	230.3	131.0	0.7	1.9	17.3	1.0	19.7	1.8	0.9	2.8	1.0	38.3	5619.1
40	62.3	64.3	233.7	132.0	0.7	1.3	17.7	1.3	19.7	1.6	0.9	1.0	1.0	39.4	5161.0
47	63.3	67.3	210.0	136.3	1.3	1.4	15.0	1.3	19.7	2.5	0.7	5.0	1.0	37.7	5069.4
23	60.3	60.3	213.3	112.7	1.8	0.7	17.3	1.0	19.0	2.6	0.9	1.0	1.0	39.6	4733.5
32	61.7	59.7	206.0	123.3	0.7	0.7	18.0	1.3	21.3	0.7	0.8	4.2	1.3	40.6	4611.3
52	63.7	65.7	251.7	181.0	1.3	1.7	17.7	1.0	19.7	3.2	0.9	4.2	1.0	39.5	4580.8
19	60.0	59.0	199.3	121.7	0.7	1.9	15.7	1.7	20.3	1.5	0.8	1.5	1.3	38.5	4183.8
66	62.7	64.7	219.7	147.7	2.3	2.1	15.3	1.0	18.3	1.8	0.8	1.0	1.0	39.1	4153.3
29	63.3	64.7	247.7	172.0	0.7	3.2	16.7	1.3	19.7	2.9	0.8	5.0	1.3	38.6	4122.7
34	64.0	65.3	271.7	185.7	0.7	1.9	15.0	1.7	17.3	2.5	0.9	4.2	1.3	38.9	4031.1
12	53.3	56.3	173.3	106.0	0.7	9.2	9.7	1.0	15.7	2.3	0.6	1.5	2.7	34.4	3970.0
51	63.7	64.0	232.0	152.3	1.7	2.7	14.7	1.0	17.7	1.4	0.8	5.0	1.7	39.3	3970.0
54	59.0	62.3	240.0	166.7	0.7	3.6	16.0	1.0	19.7	2.1	0.8	3.3	1.7	39.6	3786.8
26	64.3	67.3	233.0	158.3	2.2	1.4	14.3	1.0	17.0	2.2	0.8	1.0	1.0	39.6	3756.3
MS	61.9	63.4	226.9	145.2	1.1	2.3	15.9	1.2	18.9	2.1	0.8	2.8	1.3	38.8	4523.8
MG	61.2	63.1	225.0	149.1	1.2	3.8	13.9	1.2	16.9	2.4	0.8	3.0	1.7	37.3	3192.0
DMS	2.4	7.0	18.9	15.0	1.7	2.3	3.0	0.7	3.8	1.9	0.2	1.6	0.8	7.3	1269.2

DMS= Diferencia Mínima Significativa al 0.05 de probabilidad. T= Tratamiento, FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, AP= Altura de Planta, AM= Altura de Mazorca, ART= Acame de Raíz, ATT= Acame de Tallo, C= Cobertura, MP= % de Mazorcas Podridas, TEX= Textura, AMZ= Aspetto de Mazorca, RMZ= Rendimiento de Mazorca, MG= Media general y MS= Media de los 20 seleccionados.

## CONCLUSIONES

- Los genotipos mostraron diferencias estadísticas en rendimiento de grano debido a que los materiales son provenientes de diferentes orígenes.
- Los T44 como cruza simple (Pool 24 x Pool 23) con  $6107.7 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y T38 (Pool 26 x CML-451) fue estadísticamente igual a los genotipos (colectas) T40 (Pool 23 x Pool 24), T47 (TUXPEÑO CREMA 1) y, superiores al resto.
- El aspecto de mazorca estuvo influenciado por las mazorcas podridas, y esta a su vez, al parecer influyó negativamente en el rendimiento.
- El contenido de clorofila está ampliamente relacionado con el rendimiento de grano y calidad de las cosechas. La cuantificación con el clorofilometro (Spad) es una técnica rápida y sencilla de saber el momento en que la planta necesita de nutrimentos, así mismo, hacer la aplicación en el momento adecuado de los elementos que la planta requiera, principalmente el nitrógeno.

## BIBLIOGRAFÍAS

- Ángeles, A., H.H. (2000) Mejoramiento genético de maíz en México: el INIA, sus antecesores y un vistazo a su sucesor, el INIFAP. *Agric. Téc. Méx.* 26(1): 31–48.
- Arregui, L., Lasa, B., Lafarga, A., Irañetas, L., Baoja, E., Quemada, M. (2006) Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in Winter Wheat under humid mediterránea condition. *Eutopian Journal Agronomy* 24. Pp. 140-148.
- Benz, B.F. (1977) Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano. *Antropología Mexicana* 25, pp. 16–25.
- Bonhert, H. J. and Jensen, R. G. (1996) Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. *TIBTECH articles reviews* (Vol. 14).
- Bonilla, M. N. (2009) Manual de recomendaciones del cultivo del maíz: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) Costa Rica p. 9
- Cabrera, P. L., Ruiz, M. R. y Xoconostle, C. B. (2011) Tolerancia a sequía en variedades de maíz. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del INP, Departamento de Ingeniería Genética, Unidad Irapuato, Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. Ciudad de México. Pp. 3-19.
- Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of com. *Field Crops Res.* 89: 1-16.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo CIMMYT (1988) Maize production regions in developing countries. Maize Program, CIMMYT. Mexico, DF.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo CIMMYT (1994) 1993/94 world maize facts and trends. México, DF.
- Cianda, V., Gitelson, A., Scheprs, J. (2008) Non-destructive determination of maize leaf and canopy chlorophyll content. In: *Journal Plant Physiology* 166. Pp. 157-067.

- Desain, S. A. and Singh, R. D. (2001) Combining ability studies for some morphophysiological and biochemical traits related to drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). *Indian Journals Genetic Plant Breeding* 61: 34-36.
- Dowswell, C. R, Paliwal, R. L and Cantrell, R. P. (1996) *Maize in the third world*. Boulder, CO, USA, Westview Press.
- Edmeades, G. O., Bolaños, J., Lafitte, H. R. (1992) Progress in breeding for drought tolerance in maize. In D. Wilkinson, ed. *Proc. 47th Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf.*, Chicago, Illinois, Dec. 1992, p. 93-111. Washington, DC, ASTA.
- Elbein, A., Pan, Y., Pastuszak, I. y Carroll, D. (2009) New insights on trehalose: a multifunctional molecule. *Glycobiol.* 13: 17R-27R.
- Ellis, R. H., Summerfield, R. J., Edmeades, G. O., Roberts, E. H. (1992) Photoperiod, temperature, and the interval from sowing to tassel initiation in diverse cultivars of maize. *Crop Sci.*, 32: 1225-1232.
- FAO (1979) *Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos*. Roma. Departamento Económico y Social. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Documento 33 Serie Riego y Drenaje.
- Heelas, R. (2001) *Tropical Environments: Contrasting regimes and challenges*. Edition 1<sup>a</sup>. Prain Nelson Ternes. Pp. 4-5.
- Huang, J., He, F., Cui, K., Buresh, R., Xu, B., Gong, W., Pen, S. (2005) Determination of optimal nitrogen rate for rice varieties using a chlorophyll meter. In: *field corps reserche* 105. Pp. 70-80.
- Iturriaga, F. G. (2010) Acumulación de trehalos en *azospirillum brasilense* mejora la tolerancia a la sequía y la biomasa en plantas de maíz. *UNAM. México*. 202: 40-46.
- Kramer, J. P. (1983) *Water relations of plants*. USA. Academic Press Inc. CA.
- Krugh, B. L., Bichham, L. and Miles, D. (1994) The solid-state chlorophyll meter, a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves. *Maize genetic comparison*. *New Letter* 68: 25-27.
- Labail, M., Jeuffroy, M., Bouchard, C., Barbottin, A. (2005) Is it possible to forecast the grain quality and yield of different varieties of winter wheat from Minolta SPAD meter measurements? In: *European Journal Agronomy* 23. Pp. 379-391.

- Luna, F. M. (2003) ¿Por qué no se deja de producir maíz en México? *In: El campo no aguanta más.* R Schwentesius, M A Gómez, J L Calva (coords). UACH. Chapingo, Edo. de Méx. pp: 115-132.
- Madhava, K. V., Raghavendra, A. S, and Reddy, J. (2006) *Physiology and molecular biology of stress tolerance in plant.* Published by springer, pp 2.6.
- Martínez, M. L. R. (2003) Respuesta bioquímica y molecular de la simbiosis *Phaseolus vulgaris-Glumis intaradices* al estrés de agua. Universidad de Colima. Pp. 8-9.
- Mendoza, E. M., Andrio, E. E., Juárez, G. J. M., Mosqueda, V. C., Latournerie, M. L., Castañón, N. G., López, B. A. y Moreno, M. E. (2006). Contenido de lisina y triptófano en genotipos de maíz de alta calidad proteica y normal. *Universidad y Ciencia México* 22. (002): 153-161
- Miranda, C. S. (2000) Mejoramiento genético del maíz en la época prehispánica. *Agric. Tec. Méx.* 26 (1):3–15.
- Muños, O. A. 2003) Centli maíz Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, 211 p.
- Norman, M J T, Pearson, C J, Searle, P G E (1995) *The ecology of tropical food crops.* New York, NY, USA, Cambridge University Press. 430 pp.
- Ober, E. S., Setter, T. L., Madison, J. T., Thompson, J. F. and Shapiro, P. (1991) Influence of water deficit on maize endosperm development. 97: 154-164.
- Oropeza, O. O. (2007) Evaluacion de la vulnerabilidad a la desertificacion. Insituto Nacional de Ecologia, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (SEMARNAT).
- Ouattar, S. R., Jones, J. and Crookston, R. K. (1987) Effect of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. *Crop Science* 27: 726-730.
- Paulsen, G M (1994) High temperature responses of crop plants. *In* K.J. Boote, J.M. Bennett, T.R. Sinclair and G.M. Paulsen, eds. *Physiology and determination of crop yield*, p. 365-389. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
- Poehlman, J M, (1979) *Breedng Field Crops.* 2<sup>nd</sup> ed. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
- Rázuri L, G Romero D, E R Romero C (2008) José D. Hernández<sup>1</sup> y José G. Rosales<sup>1</sup>Efecto del riego deficitario controlado en la producción del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo riego localizado. *Agricultura Andina Volumen* 14: 31-48.

- Rázuri, L (1986) *Diseño de riego por goteo*. CIDIAT, Mérida.
- Rodriguez, M., Alcantar, G., Agilar, A., Etchevers, J. Santizo, J. (1998) Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un determinador portátil de clorofila. 16 (2): 135-141.
- Rossi, D. 2009. Maíz tolerante a sequía: el evento esperado. Disponible en: [www.engormix.com/Ma-agricultura/maiz/foros](http://www.engormix.com/Ma-agricultura/maiz/foros). Fecha de recuperación: 2 de noviembre del 2011.
- Ruiz, S. M. y Girona, I. C. (1995) Investigaciones sobre Riego deficitario Controlado en Melocotonero In: Zapata, M. y Segura, P. Eds. Riego Deficitario Controlado. Madrid, Mundiprensa. pp 67-95.
- Saavedra P A (2006) Ensayo de riego deficitario controlado en palto (*Persea americana* Mill), cv. Hass en la localidad de Quillota. Freddy. Universidad Católica De Valparaíso Facultad De Agronomía Área De Fruticultura Taller de Licenciatura, Chile.69p.
- Sain, H. y Echeverria, H (1998) Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo del maíz en el rendimiento de grano. Argentina. 103 (1): 37-44.
- Saini, H. S., y Westgate, M. E. (2000) Reproductive development in grain crops during drought. *Adv. Agron.* 68: 59-96.
- Sánchez, P. A., Nicholaidis, J. J., Couto, W. (1977) Physical and chemical constraints to food production in the tropics. In G. Bixler and L.W. Shenilt, eds. *Chemistry and world food supplies: the new frontiers*, CHEMRAWN II, p. 89-105. Los Baños, Philippines, IRRI.
- Shinosaki, K. and Yamaguchi, S. K. (1997) Gene expression and signal transduction in water-stress response. *Plant physiology* 115, 327-334.
- SIAP. 2010. Maíz: números esenciales de un cultivo fundamental.
- Sierra M M, A Palafox C, O Cano R, F A Rodríguez M, A Espinoza C, A Turrent F, N Gómez M, H Córdova O, N Vergara A, R Aveldaño S, J A Sandoval R, S Barrón F, J Romero M, F Caballero H, M González C, E Betanzos M (2003) H-553C, híbrido de maíz de calidad proteínica para el trópico húmedo de México. *Rev. Fitotec. Mex* 26(1):117-119.
- Smalle, J. and Vierstra, R. D. (2004) The ubiquitin 26S proteasome proteolytic pathway. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55, 555-590.
- Tardieu, F. and Davies, W. J. (1993) Root shoot communication and whole plant regulation of water flux. In J. A. C. Smith and H. Griffiths eds. *Water deficits- plant response from cell to community*. P. 147-162. Oxford, UK, BIOS Scientific Publishers.

- Turren, F. A. y Serratos, J. A. 2004. *Contexto y antecedentes del maíz silvestre y el cultivado en México*, Capítulo I, Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA). Simposio sobre Maíz y Biodiversidad, Memorias, Oaxaca, México, 11 de marzo de 2004.
- Velasco, I., Ochoa, L. y Gutierrez, C. (2005) Sequia, un problema de perspectiva y gestión. REGION Y SOCIEDAD/ Vol. XVII/ N° 34.
- Warman, A. 1988. *La historia de un bastardo: maíz y capitalismo*, Instituto de Investigaciones sociales de la UNAM y FCE, México, 381 p.
- Wu, Y., Thorne, T. E., Sharp, E. R., y Cosgrove, J. D. (2001) Modification of expansin transcript levels in the maize primary root at low. Water potentials. *Plants Physiology*, 126: 1471-1479



## APÉNDICE

**Cuadro 9.** Medias de 70 genotipos de maíz precoz evaluados bajo condiciones de estrés hídrico evaluados en la UAAAN-UL, 2010.

T	FM	FF	AP	AM	AR	AT	PC	C	MC	MZP	MxP	TE	AMZ	SPAD	REN
44	63.0	64.7	242.0	151.7	0.7	1.3	18.3	1.7	18.7	1.6	1.0	1.0	1.0	38.1	6107.7
38	63.7	65.7	230.3	131.0	0.7	1.9	17.3	1.0	19.7	1.8	0.9	2.8	1.0	38.3	5619.1
40	62.3	64.3	233.7	132.0	0.7	1.3	17.7	1.3	19.7	1.6	0.9	1.0	1.0	39.4	5161.0
47	63.3	67.3	210.0	136.3	1.3	1.4	15.0	1.3	19.7	2.5	0.7	5.0	1.0	37.7	5069.4
23	60.3	60.3	213.3	112.7	1.8	0.7	17.3	1.0	19.0	2.6	0.9	1.0	1.0	39.6	4733.5
32	61.7	59.7	206.0	123.3	0.7	0.7	18.0	1.3	21.3	0.7	0.8	4.2	1.3	40.6	4611.3
52	63.7	65.7	251.7	181.0	1.3	1.7	17.7	1.0	19.7	3.2	0.9	4.2	1.0	39.5	4580.8
21	60.7	59.0	207.3	128.7	0.7	0.7	18.7	1.0	19.0	2.1	1.0	4.2	1.0	41.7	4306.0
19	60.0	59.0	199.3	121.7	0.7	1.9	15.7	1.7	20.3	1.5	0.8	1.5	1.3	38.5	4183.8
66	62.7	64.7	219.7	147.7	2.3	2.1	15.3	1.0	18.3	1.8	0.8	1.0	1.0	39.1	4153.3
29	63.3	64.7	247.7	172.0	0.7	3.2	16.7	1.3	19.7	2.9	0.8	5.0	1.3	38.6	4122.7
34	64.0	65.3	271.7	185.7	0.7	1.9	15.0	1.7	17.3	2.5	0.9	4.2	1.3	38.9	4031.1
12	53.3	56.3	173.3	106.0	0.7	9.2	9.7	1.0	15.7	2.3	0.6	1.5	2.7	34.4	3970.0
51	63.7	64.0	232.0	152.3	1.7	2.7	14.7	1.0	17.7	1.4	0.8	5.0	1.7	39.3	3970.0
58	63.3	64.3	213.3	140.7	0.7	0.7	15.0	1.0	17.3	1.3	0.9	2.0	1.0	36.8	3970.0
54	59.0	62.3	240.0	166.7	0.7	3.6	16.0	1.0	19.7	2.1	0.8	3.3	1.7	39.6	3786.8
25	61.0	61.3	207.3	131.7	0.7	0.7	16.0	2.0	20.0	1.9	0.8	4.2	1.0	39.4	3756.3
26	64.3	67.3	233.0	158.3	2.2	1.4	14.3	1.0	17.0	2.2	0.8	1.0	1.0	39.6	3756.3
13	56.0	59.0	209.7	119.0	0.7	1.9	17.3	1.3	19.3	2.2	0.9	1.5	1.0	37.2	3695.2
6	53.7	57.0	220.3	123.7	0.7	4.7	14.7	1.0	17.3	0.7	0.8	1.0	1.3	37.6	3603.6
15	56.7	60.0	227.0	151.7	2.1	5.0	14.3	1.7	16.7	2.6	0.8	5.0	1.3	39.7	3573.0
39	61.3	64.0	218.7	153.3	0.7	4.6	14.3	1.0	19.7	3.5	0.8	1.0	1.3	37.7	3518.1
46	63.0	64.0	258.7	170.3	1.3	3.4	14.3	1.7	18.7	4.1	0.8	5.0	1.3	37.9	3511.9
18	54.3	58.0	208.0	126.3	0.7	5.8	14.0	1.0	20.7	3.8	0.7	1.0	1.7	38.1	3481.4

T	FM	FF	AP	AM	AR	AT	PC	C	MC	MZP	MxP	T	AMZ	SPAD	REN
17	60.7	62.7	239.0	166.0	0.7	2.1	14.7	1.0	18.7	2.8	0.8	5.0	2.0	37.0	3450.9
14	63.7	64.7	238.7	159.0	1.7	2.0	14.3	1.0	17.0	1.3	0.8	5.0	1.7	35.9	3389.8
22	59.0	61.0	229.0	147.3	1.9	4.8	12.7	1.7	16.0	2.0	0.8	5.0	1.3	35.6	3359.3
20	59.3	62.3	236.7	152.0	0.7	6.6	12.7	1.0	18.3	1.9	0.7	5.0	1.7	36.6	3328.7
49	62.7	64.3	238.3	163.0	1.3	3.6	17.3	1.0	18.7	1.8	0.9	2.5	1.3	37.7	3298.2
8	55.7	58.0	195.3	109.7	0.7	4.3	15.7	1.0	20.0	2.9	0.8	1.5	1.3	36.3	3206.6
63	63.7	66.7	246.7	168.3	1.6	1.6	12.7	1.0	15.7	2.3	0.8	5.0	1.0	37.2	3206.6
5	52.7	55.7	202.7	121.3	1.4	4.6	13.7	1.0	19.3	1.9	0.7	5.0	1.3	37.2	3114.9
11	64.7	67.0	253.0	170.0	1.6	3.7	9.0	1.3	11.7	3.8	0.8	3.3	2.3	34.7	3114.9
3	52.0	55.3	196.0	120.7	0.7	3.7	14.7	1.3	17.7	4.4	0.8	1.0	2.0	38.0	3084.4
10	53.0	56.0	218.3	143.3	0.7	7.3	11.3	1.3	20.0	2.1	0.6	1.0	1.7	38.3	3023.3
16	59.7	60.3	176.7	124.3	0.7	4.2	15.3	1.0	20.3	2.3	0.8	1.5	1.7	39.6	2992.8
2	52.3	55.3	189.3	111.0	0.7	6.0	12.7	2.0	18.3	4.6	0.7	1.0	2.0	37.4	2931.7
24	61.3	63.0	205.7	130.0	1.4	5.4	14.0	1.3	19.7	0.7	0.7	2.3	1.7	34.6	2931.7
28	63.0	64.3	250.3	176.3	1.9	4.2	13.0	1.3	18.7	2.5	0.7	5.0	1.7	39.6	2901.2
42	65.0	64.0	253.7	182.3	1.8	2.6	11.7	1.0	12.0	2.1	1.0	5.0	1.7	37.2	2901.2
45	63.7	64.7	246.7	170.0	1.6	4.1	12.0	1.0	15.3	3.0	0.8	3.3	1.3	36.2	2870.6
31	61.7	64.0	209.7	149.7	2.2	4.9	13.0	1.0	18.0	1.9	0.7	1.5	1.7	36.5	2840.1
33	61.7	64.0	221.7	142.3	0.7	1.6	12.0	1.3	13.0	4.6	0.9	4.2	2.3	35.4	2840.1
60	65.7	72.0	256.7	171.3	2.3	1.6	10.7	1.3	12.0	1.4	0.9	3.3	2.7	35.3	2779.0
4	64.3	67.7	282.3	182.3	2.4	2.4	9.7	1.7	13.7	2.6	0.7	4.2	2.0	38.9	2717.9
1	52.7	55.3	193.3	121.7	1.4	4.3	14.0	1.0	17.3	4.2	0.8	1.0	2.0	39.8	2656.9
9	61.0	64.7	238.3	162.7	0.7	4.2	15.3	1.0	18.3	2.5	0.9	1.5	2.0	36.2	2656.9
35	63.7	45.7	244.7	167.7	0.7	3.8	13.7	2.0	16.0	1.3	0.8	2.8	2.0	34.7	2656.9
55	62.7	64.3	221.7	162.0	0.7	4.6	14.3	1.0	17.3	2.3	0.8	3.3	1.7	37.0	2656.9
48	64.7	67.3	207.0	141.7	0.7	4.6	14.0	1.0	15.3	3.3	0.9	3.3	1.3	40.0	2626.3
50	63.7	65.0	221.3	143.3	1.4	6.3	14.0	1.3	19.0	1.3	0.8	1.0	1.7	34.3	2595.8
59	65.7	68.3	215.3	149.7	0.7	1.4	13.3	1.3	15.0	1.4	0.9	4.2	2.0	37.1	2565.2
27	61.0	63.3	194.7	125.7	1.6	8.4	11.0	1.0	12.7	3.6	0.9	2.0	2.3	35.4	2534.7
30	63.3	66.0	229.7	154.7	1.6	2.8	14.0	1.0	15.3	2.5	0.9	3.3	2.0	36.7	2443.1
62	63.0	62.7	213.0	147.3	1.9	6.6	11.3	1.3	14.7	1.3	0.8	2.0	2.0	34.7	2443.1

T	FM	FF	AP	AM	AR	AT	PC	C	MC	MZP	MxP	T	AMZ	SPAD	REN
67	52.7	56.0	212.0	137.3	2.4	4.8	16.0	1.3	18.7	1.3	0.8	4.2	2.3	37.2	2382.0
61	65.3	67.7	253.0	175.7	5.1	5.0	11.7	1.0	13.7	1.3	0.9	1.5	1.7	35.1	2320.9
64	63.0	64.7	227.7	156.7	1.4	6.1	14.3	1.3	18.3	2.5	0.8	1.5	1.7	38.0	2290.4
68	60.3	62.7	211.7	146.7	0.7	4.7	9.7	1.3	11.7	3.0	0.8	5.0	2.3	33.3	2272.1
36	61.0	63.3	196.3	139.0	2.1	5.1	12.7	1.0	16.0	2.6	0.8	1.0	2.3	36.2	2259.9
53	63.3	65.0	218.3	148.7	0.7	5.6	13.3	1.3	14.3	2.8	0.9	3.3	2.0	36.7	2229.3
65	67.7	71.7	248.7	173.3	0.7	4.5	9.7	1.3	11.0	1.6	0.9	4.2	2.3	36.1	2229.3
37	61.0	64.3	198.3	142.3	0.7	3.6	12.7	1.0	13.0	2.2	1.0	5.0	2.0	36.0	2198.8
56	66.0	69.0	251.3	180.7	1.6	1.4	12.0	2.3	12.7	5.5	0.9	4.2	3.0	36.5	2198.8
43	63.3	64.7	229.0	158.7	0.7	5.2	14.3	1.0	16.0	2.7	0.9	3.3	2.3	34.4	2107.2
70	62.3	65.7	221.7	158.0	0.7	3.3	12.0	1.0	14.3	2.7	0.8	4.2	2.3	38.0	2015.6
69	63.7	67.0	224.3	166.3	0.7	6.1	10.3	1.0	13.7	2.1	0.7	2.0	2.3	33.7	1985.0
57	65.7	68.7	246.7	176.3	0.7	5.8	11.7	1.3	12.7	4.5	0.9	2.0	2.0	36.8	1893.4
41	64.7	65.3	248.0	165.7	2.2	5.2	13.7	1.0	15.7	1.3	0.9	3.7	2.7	37.0	1862.9
7	60.0	64.3	223.3	152.7	0.7	6.7	11.7	1.0	15.3	2.7	0.7	4.2	2.3	37.0	1801.8
MG	61.2	63.1	225.0	149.1	1.2	3.8	13.9	1.2	16.9	2.4	0.8	3.0	1.7	37.3	3192.0

T= Tratamientos, FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca, AR= Acame de raíz, AT= Acame de tallo, PC= Plantas cosechadas, C= Cobertura, MC= Mazorcas cosechadas, MZP= Mazorcas podridas, MxP= Mazorcas por parcela, TE= Textura, AMZ= Aspecto de mazorca, SPAD= Contenido de clorofila, REN= Rendimiento t·ha<sup>-1</sup>.