

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Selección de Genotipos de Maíz (*Zea mays* L.), Tolerantes a Sequía, Utilizando Polientilenglicol y Manitol en Tres Diferentes Concentraciones

Por:

**RENÉ LIRA DE LA ROSA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2016

## DEDICATORIA

Con todo el respeto y cariño que se merecen a mis padres:

**Rosa María y Antonio Q.E.P.D.**

Por su total e incondicional apoyo en todos los momentos de mi vida; especialmente como estudiante, sin escatimar nunca en esfuerzos y a quienes nunca terminaré de pagar el incalculable valor que tienen para mí, su amor y su confianza.

A mi hermana **Rosa Ofelia**, a quien aprecio sinceramente que siempre supiera darme apoyo y comprensión en mi formación profesional de una manera desinteresada.

A mi esposa **Bertha** y a mi hija **Paloma** por su motivación y comprensión para la culminación de esta tesis.

A mis hermanos **Antonio y Carmen** quienes con su ejemplo, me impulsaron a seguir siempre adelante en mis estudios.

A mi compañero **Carlos Treviño Suárez Q.E.P.D.** Por haberme dado el honor de ser su compañero y amigo.

A la institución que me brindó la oportunidad de prepararme profesionalmente y de la cual quise, fui y seré parte.

**A mí querida “ALMA MATER”**

## AGRADECIMIENTOS

Al **Ing. M.C. HUMBERTO DE LEÓN CASTILLO**, por su gran visión, experiencia y amabilidad, siempre dispuesto a servir como asesor de la presente tesis.

A la **Q. F .B. MARÍA ELENA GONZÁLEZ GUAJARDO**, por su paciencia y sugerencias en la realización de la presente tesis.

Al **Ing. M. C. JOSÉ GERARDO RAMÍREZ MEZQUITIC**. Por sus siempre bien encaminadas sugerencias y opiniones en la realización de este estudio.

A la **T. L. Q. GRACIELA VAZQUEZ**, por su apoyo y total disponibilidad en el laboratorio, durante el trabajo experimental, así como sus valiosas observaciones y consejos.

A la **Técnico Académico Martina de la Cruz Casillas**, por su siempre buena disposición, ayuda y apoyo en la realización y culminación de la presente tesis.

A todos mis **compañeros y amigos de la GENERACIÓN LXV**, de la especialidad de Horticultura, por sus muestras de apoyo y aliento.

Al **Instituto Mexicano del Maíz, “Dr. Mario Castro Gil”**, por haberme permitido el honor de llevar a cabo la realización de este trabajo de investigación.

## INDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE.....	iv-v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi-viii
RESUMEN.....	ix-x
ABSTRACT.....	xi-xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
HIPÓTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
-Origen del Maíz.....	3
-Origen Botánico.....	4
-Definiciones de resistencia a sequía y sequía.....	4
-Efectos fisiológicos debido al estrés de humedad.....	5
-Fertilización y rendimientos ligados a la sequía.....	7
-Primeros trabajos.....	7
-Métodos de selección de materiales tolerantes a sequía.....	8
-Método de campo.....	8
-Métodos de laboratorio e invernadero.....	8
-Trabajos con Manitol.....	9
-Trabajos con Polietilen Glicol.....	9
-Materiales y métodos.....	10

	Pág.
-Localización del experimento.....	10
-Material y equipo.....	10
-Cristalería.....	10
-instrumentos.....	10
-Reactivos.....	11
-Localización y traslado del material.....	12
-Lugar de procedencia.....	13
-Preparación de las soluciones.....	13
-Siembra de semillas.....	18
-Agregar reactivo.....	20
-Toma de datos.....	21
-Análisis estadístico.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	65
CONCLUSIONES.....	66
LITERATURA CITADA.....	67

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>CUADROS</b>	
3.1 ANVA para Manitol a -5 bars para la longitud de la raíz.....	25
3.2 Clasificación de las medias con la prueba de Tukey en Manitol a -5 bars para la raíz.....	25
3.3 ANVA para Manitol a -5 bars para la longitud del tallo.....	26
3.4 Clasificación de las medias con la prueba de Tukey en Manitol a -5 bars para el tallo.....	27
3.5 Líneas de mejor respuesta tanto para raíz y tallo de Manitol a -5 bars.....	28
3.6 Líneas de menor respuesta tanto para raíz y tallo de Manitol a -5 bars.....	28
3.7 ANVA para Manitol a -7.5 bars para la longitud de la raíz.....	29
3.8 Clasificación de las medias mediante la prueba de Tukey y DMS en Manitol a -7.5 bars para la raíz.....	29
3.9 ANVA para Manitol a -7.5 bars para la longitud del tallo.....	30
3.10 Clasificación de las medias con la prueba de Tukey en Manitol a -7.5 bars para el tallo.....	31
3.11 Líneas de mejor respuesta tanto para raíz y tallo de Manitol a -7.5 bars.....	32
3.12 Líneas de menor respuesta tanto para raíz y tallo de Manitol a -7.5 bars.....	32
3.13 ANVA para Manitol a -10 bars para la longitud de la raíz.....	33
3.14 Clasificación de las medias mediante la prueba de Tukey en Manitol a -10 bars para la raíz.....	34
3.15 ANVA para Manitol a -10 bars para la longitud del tallo.....	35
3.16 Clasificación de las medias con la prueba de Tukey en Manitol a -10 bars para el tallo.....	36

	Pág.
3.17 Líneas de mejor respuesta tanto para raíz y tallo de Manitol a -10 bars.....	36
3.18 Líneas de menor respuesta tanto para raíz y tallo de Manitol a -10 bars.....	37
3.19 ANVA para PEG a -2 bars para la longitud de la raíz.....	37
3.20 Clasificación de las medias mediante la prueba de Tukey en PEG a -2 bars para la raíz.....	38
3.21 Clasificación de las medias mediante la DMS en PEG a -2 bars para la raíz.....	40
3.22 ANVA para PEG a -2 bars para la longitud del tallo.....	40
3.23 Clasificación de las medias mediante la prueba de Tukey en PEG a -2 bars para el tallo.....	41
3.24 Clasificación de las medias mediante la DMS en PEG a -2 bars para el tallo.....	42
3.25 ANVA para PEG a -4 bars para la longitud de la raíz.....	43
3.26 Clasificación de las medias mediante la prueba de Tukey en PEG a -4 bars para raíz.....	44
3.27 ANVA para PEG a -4 bars para la longitud del tallo.....	44
3.28 Clasificación de las medias mediante la prueba de Tukey en PEG a -4 bars para tallo.....	45
3.29 Clasificación de las medias mediante la DMS en PEG a -4 bars para el tallo.....	46
3.30 ANVA para PEG a -6 bars para la longitud de la raíz.....	47
3.31 Clasificación de las medias mediante la prueba de Tukey en PEG a -6 bars para raíz.....	48
3.32 ANVA para PEG a -6 bars para la longitud del tallo.....	49
3.33 Clasificación de las medias mediante la prueba de Tukey en PEG a -6 bars para tallo.....	50
3.34 Clasificación de las medias mediante la DMS en PEG a -6 bars para el tallo.....	50

	Pág.
3.35 ANVA de las tres concentraciones de Manitol en la variable longitud de raíz.....	53
3.36 ANVA de las tres concentraciones de Manitol en la variable longitud de tallo.....	54
3.37 Clasificación de las medias tratadas con Manitol en las tres concentraciones, mediante la prueba de Tukey para la variable raíz.....	54
3.38 Clasificación de las medias tratadas con Manitol en las tres concentraciones mediante la prueba de Tukey para la variable tallo.....	55
3.39 ANVA para las tres concentraciones con PEG para la longitud de raíz.....	57
3.40 ANVA para las tres concentraciones con PEG para la longitud de tallo.....	57
3.41 Clasificación de las medias tratadas con PEG en las tres concentraciones mediante la prueba de Tukey para la variable longitud de raíz.....	58
3.42 Clasificación de las medias tratadas con PEG en las tres concentraciones mediante la prueba de Tukey para la variable longitud de tallo.....	59
3.43 Clasificación de las medias tratadas con PEG en sus tres concentraciones.....	60
3.44 ANVA combinado general para la variable longitud de tallo.....	61
3.45 ANVA combinado general para la variable longitud de raíz.....	62
3.46 Coeficientes de correlación y significancia de raíz y tallo.....	63

## RESUMEN

En el presente trabajo, se utilizaron 15 genotipos de Maíz provenientes de Tepalcingo Morelos. En el ciclo 1994-1995, los cuales se sometieron a diferentes tratamientos con soluciones que permiten simular la falta de humedad durante su germinación.

La siembra se llevó a cabo en el laboratorio del Instituto Mexicano del Maíz, "Dr. Mario Castro Gil". Ubicado dentro de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en Buenavista, Saltillo. Esta consistió en colocar cada uno de los genotipos seleccionados en sanitas húmedas, con las soluciones de los dos reactivos; el primero de ellos el Manitol a concentraciones de -5, -7.5, -10 bars. El otro reactivo utilizado fue el Polietilen Glicol a concentraciones de -2, -4, y 6 bars.

El número de materiales por cada sanita fue de tres; una vez colocados y envueltos, se introdujeron en una bolsa de polietileno y se llevaron dentro de una incubadora a una temperatura constante de 30 grados centígrados, durante una semana.

El número de repeticiones fue de dos por cada material; cada repetición constaba de cinco semillas.

Posteriormente a la siembra de semillas, se agregó reactivo tres días después, tomando los primeros datos una vez cumplida la semana a la siembra.

Los parámetros evaluados fueron; las longitudes de las raíces y las longitudes de los tallos, de las plántulas que germinaron a una semana de su siembra.

Se realizaron los análisis de varianza de manera individual; para cada concentración, para cada reactivo y en combinado en general.

Estos análisis reflejaron alta significancia en el uso de los dos reactivos, ya que cada uno, influye de manera distinta por su diferente base química, en el comportamiento de la germinación de la semilla y desarrollo de la plántula.

Las correlaciones entre ambos productos, confirmaron que el Manitol respondió como el mejor producto químico, en la selección de genotipos tolerantes a sequía, seguido por el Polietilen Glicol.

Se encontró también, una alta significancia entre las diferentes concentraciones en un mismo reactivo, la concentración de -5 bars con Manitol, fue la que ejerció mayor variabilidad en la selección de las líneas tolerantes a sequía.

En el caso del Polietilen Glicol, la concentración que permitió una mejor selección, fue la de -4 bars de presión osmótica.

Además se encontró, que existe una alta significancia entre las líneas, lo que nos indica; que cada línea se comportó de diferente manera una de otra, independientemente del reactivo y concentración utilizadas para la selección.

Gracias a esto, se pudieron identificar las líneas que resultaron con mayor y mejor desarrollo, al ser sometidas a diferentes presiones osmóticas, con los reactivos de Manitol y Polietilen Glicol en el laboratorio.

Las líneas que obtuvieron mayor tolerancia a la sequía, en la presente investigación fueron; los genotipos 8 y 5, cuyos orígenes son TEP 94-95 2903 # PAP y TEP 94-95 3001 # PAP respectivamente.

## ABSTRACT

In this study 15 genotypes of maize from Tepalcingo, Morelos were used. In the 1994-1995 cycle, which were subjected to different treatments with solutions to simulate the lack of moisture for germination.

Planting was carried out in the laboratory of the Mexican Institute of Corn "Dr. Mario Castro Gil ". Located within the Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" in Buenavista, Saltillo. This consisted in placing each of the selected genotypes in wet Sanitas, with the solutions of the two reagents; the first one, Mannitol, at concentrations of -5, -7.5, -10 bars. The other reagent that was used was polyethylene glycol at concentrations of -2, -4, and 6 bars.

The number of materials per Sanita was three, once placed and wrapped, they were introduced in a polyethylene bag and carried in an incubator at a constant temperature of 30 degrees Centigrade for a week.

The number of repetitions were two for each material, each repetition consisted on five seeds.

Later, the sowing seed reagent was added three days after taking the first data after completing the week sowing.

The parameters evaluated were; the length of the roots and the length of the stems of seedlings germinated a week of planting.

Analysis of variance were conducted individually; for each concentration for each reagent and combined in general.

These analysis reflected high significance in the use of the two reagents, as each influences differently because of their different chemical basis, the behavior of the seed germination and seedling development.

Correlations between the two products, confirmed that Mannitol responded as the best chemical, in the selection of drought tolerant genotypes followed by polyethylene glycol.

A high significance between different concentrations in a same reagent concentration -5 bars with Mannitol was also found, which it was exercised greater variability in the selection of drought tolerant lines.

In the case of polyethylene glycol, the concentration that allowed a better selection, it was -4 bars osmotic pressure.

It was also found that there is a high significance between the lines, which indicates that each line behaved differently from one another, regardless of the reagent and concentration used for the selection.

Thanks to this the lines could be identified, resulting in more and better development when subjected to different osmotic pressures, with reagents Mannitol and polyethylene glycol in the laboratory.

The lines that which obtained greater drought tolerance in this research were; genotypes 8 and 5, whose origins are TEP 94-95 2903 # PAP and TEP 94-95 # PAP 3001, respectively.

## INTRODUCCIÓN

En base al desarrollo del cultivo del Maíz (*Zea mays* L.), se crearon grandes culturas en América, que son las raíces de nuestro México actual. Todavía en este momento, el Maíz es el principal alimento de la mayoría de los mexicanos.

La falta de agua constituye el principal factor limitativo, para obtener mayores rendimientos de Maíz por hectárea. Esto no es de sorprender cuando se considera que el Maíz requiere cerca de 750 litros de agua por kilogramo de grano producido.

Si bien, el Maíz requiere una gran cantidad de agua, es uno de los cultivos más eficientes en la producción de materia seca en relación al agua que utiliza.

El Maíz exige un clima relativamente cálido y agua en cantidades adecuadas. La mayoría de las variedades de Maíz se cultivan en regiones de temporal, de clima caliente y de clima subtropical húmedo, pero no se adaptan fácilmente a regiones semiáridas. El granizo y heladas afectan considerablemente su cultivo.

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 propuesto varias técnicas, que permiten conocer las respuestas de la planta a la sequía y otras más que permiten detectar cultivos con cierta tolerancia.

Sin embargo, son muchas las técnicas propuestas y no hay una que este 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. (Vázquez Romero F.).

El presente trabajo, es con el fin de utilizar una de las técnicas más actualizadas en la selección de genotipos de Maíz tolerantes a sequía, llevada a cabo en el laboratorio.

## **OBJETIVOS**

- A) Evaluar en el laboratorio la metodología para la selección de genotipos de *Zea mays* L., tolerantes a sequía, mediante la aplicación de dos diferentes productos químicos y diferentes concentraciones.
- B) Identificar los genotipos de *Zea mays* L. que obtuvieron mejores resultados en el laboratorio, en cuanto a la tolerancia a sequía.
- C) Evaluar cuáles de los compuestos o soluciones utilizados para simular el estrés hídrico es o son los más eficientes.

Por lo anteriormente expuesto, podemos inducir las siguientes hipótesis de esta investigación.

## **HIPÓTESIS**

- 1) Existen diferencias entre los productos y las diferentes concentraciones, en cuanto su uso en la selección de genotipos de *Zea mays* L., tolerantes a sequía.
- 2) Existe por lo menos un genotipo diferente a los demás, en cuanto a la mayor tolerancia a la sequía.
- 3) Existe un producto y una concentración, que permite la mejor selección de genotipos de Maíz tolerantes a sequía.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **ORIGEN DEL MAÍZ**

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 rendimiento mundial es de 215 millones de toneladas, lo que representa un promedio de dos toneladas por hectárea, aunque en muchas partes del mundo se cultiva solo para alimentar animales.

Lo cierto es que la planta, es el resultado del hombre actuando sobre la naturaleza para crear a través de muchos años, una planta con varias subespecies, tipos o razas, que pueden adaptarse casi a cualquier clima.

Casi el 90% de la superficie nacional dedicada al Maíz, se cultiva utilizando técnicas tradicionales y en terrenos de temporal.

Actualmente, las tierras de riego y técnicas modernas no se usan para el cultivo del Maíz, una de las principales razones es; que el precio del Maíz es más bajo que el de otros cultivos.

Durante cientos de años, se han seleccionado ciclo tras ciclo la semilla que habrá de sembrarse en el ciclo de cultivo siguiente. La constante observación hacia las plantas cultivadas, permite seleccionar con gran acierto las plantas y variedades que más convienen, según nuestro gusto y necesidades.

### **ORIGEN BOTÁNICO**

Robles Sánchez (1982), presenta la siguiente clasificación taxonómica de la planta de Maíz.

Reino.....Vegetal  
División.....Tracheophyta  
Subdivisión.....Pteropsidae  
Clase.....Angiospermae  
Subclase.....Monocotiledoneae  
Grupo.....Grumiflora  
Orden.....Graminales  
Familia.....Gramineae  
Tribu.....Maydeae  
Género.....Zea  
Especie.....mays  
Autor.....Linneo.

### **DEFINICIÓN DE SEQUÍA Y RESISTENCIA A SEQUÍA**

Sullivan y Blum (1970), citados por Jugenhermer definieron la resistencia a la sequía como escape o tolerancia. Esta última, es la habilidad de las células

para sobrevivir o funcionar aunque los tejidos estén desecados o a una temperatura elevada.

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.

### **EFFECTOS FISIOLÓGICOS DEBIDO AL ESTRÉS DE HUMEDAD**

Actualmente se llevan a cabo estudios, de los procesos fisiológicos asociados a la respuesta de la planta a la limitación de agua. Estos estudios también ofrecen la oportunidad de familiarizarse, con las técnicas que serán usadas para examinar a estos procesos fisiológicos y morfológicos, que están asociados con la adaptación a las condiciones de temporal, siempre y cuando se identifiquen diferentes respuestas varietales. Estas respuestas, pueden ser consideradas como mecanismos de evasión a la sequía y tolerancia a la misma.

Richard y Wadleigh (1952), en su revisión de literatura sobre la influencia de la humedad en el suelo en los procesos fisiológicos, señalan que las deficiencias de humedad del suelo pueden reducir las reservas de carbohidratos de una planta, por medio de un incremento en la velocidad de respiración y una reducción en la velocidad de la fotosíntesis.

El crecimiento de un vegetal se halla estrechamente vinculado al estado hídrico de las plantas, a la disponibilidad de agua en el suelo, la presión de

vapor en la atmósfera y a las resistencias que oponen los tejidos al flujo del agua (Ehling y Garmer, 1964; Garner 1965; Gauandey Taylor 1967). Estos tres factores determinan, en cada caso, la posición del balance hídrico, que afecta con intensidad variable procesos tales como la fotosíntesis, la respiración, la síntesis de proteínas, la translocación etc. (Backery ;usgrave, 1964; Wardlaw, 1967; Henckel, 1964; Shah y Loomis, 1963; Berko, 1963; Virgin, 1963; citados por Bermman, Ginzo y Soriano en 1970.

Virgin citado por Bermman, Ginzo y Soriano en 1970, Dice que además la falta de agua en la planta, provoca una inactivación o deterioro en el mecanismo de síntesis de la protoclorigila o alguna otra forma de destrucción de la clorigila existente.

Giesbrech (1969), concluye que bajo temporal es la humedad, el principal factor ambiental que origina alta competencia y en esta situación, la eficiencia del sistema, así como también el factor más importante en determinar el rendimiento del grano.

Snider (1946), en una investigación realizada en Illinois durante tres años, se encontró que en general, las cañas de Maíz de las líneas consideradas como resistentes a sequia, contenían más Nitrógeno, proteína y Potasio que las líneas híbridas, aunque en éstas era más abundante el contenido de Calcio, Magnesio, Fierro y Manganeso, siendo iguales en contenido de fósforo.

Slayter (1967), dice que antes que todo el déficit de agua, afecta directamente el transporte de agua a través de las plantas y por lo tanto. el valor de la absorción de agua y su transpiración, es entonces principalmente la cantidad de energía recibida por la planta.

Jensen (1971) citado por Jugenhemer, estudió los efectos del vigor temprano o inicial y de la intolerancia a sequía y al calor sobre el retraso en la emergencia de los estigmas y sobre el rendimiento. Algunos híbridos

manifestaron un comportamiento consistentemente superior bajo condiciones de sequía, chamuscando de la punta de las hojas y el retraso en la emergencia de los estigmas fueron importantes. El germoplasma tolerante al calor es esencial para altos rendimientos, tanto en cultivo con riego y sin él.

Montgomery y Kisselbach (1968), expresan que el déficit de agua en la planta, limita el crecimiento vegetativo y los rendimientos por su efecto sobre varios procesos básicos, tales como la división celular, la elongación de las células y la fotosíntesis.

### **FERTILIZACIÓN Y RENDIMIENTO LIGADOS A LA SEQUÍA**

Macperson y Boyer, 1997, Plantean que la escasez de agua durante los estados de llenado de grano y los estados vegetativos (Denmead y Shaw, 1960), pueden tener efectos mucho menores en el rendimiento.

Robins y Domingo, citados por Bermann (1971), dicen que en invernadero, ensayos de campo y análisis históricos de datos de rendimientos en fincas, los agrónomos y meteorólogos han llegado a la conclusión de que la sequia que se presenta en la floración, tiene un efecto mayor sobre el rendimiento del grano.

Déficits de agua durante periodos de uno o dos días, durante la floración masculina o durante la polinización, pueden causar una reducción del rendimiento de hasta 22 por ciento.

### **PRIMEROS TRABAJOS**

Sin duda, los trabajos más importantes sobre el mejoramiento del Maíz en México, dadas las condiciones de producción en nuestro país son los que conducen a lograr la resistencia a condiciones de la falta de agua, sin que haya efectos notables en la reducción de rendimientos.

Basile (1954), en Dakota al sur, estudió la relación entre el rendimiento del Maíz y la distribución de la precipitación en los años comprendidos de 1914 y 1949. Encontró que en periodos de 20 días con una precipitación menor a 13 mm, reducían el rendimiento en forma apreciable en el año en el que se presentaban y en ocasiones también en el año siguiente.

## **MÉTODOS DE SELECCIÓN DE MATERIALES TOLERANTES A SEQUÍA**

### **MÉTODO DE CAMPO.**

Muñoz y Ortiz (1971), menciona que el método más utilizado es el riego-sequía, que consiste en buscar una localidad árida o semiárida con riego, en donde se puede variar a voluntad los regímenes de sequía y establecer las variedades a las que se les va a medir la resistencia (al menos en dos condiciones de humedad, sequía y riego), manteniendo el resto de condiciones o factores uniformes, de tal suerte que se pueda valorar la respuesta a la sequía, sin confundirse con otros factores que no sean la humedad.

Estos métodos son tardados porque hay que llevar la planta hasta el estado adulto y para la correcta aplicación de éstos hay que realizarlos en una región semiárida o en lugares con inviernos secos sin heladas; sin embargo, permiten evaluar el rendimiento lo que no sucede con los métodos de laboratorio o invernadero.

### **MÉTODOS DE LABORATORIO E INVERNADERO**

Estos métodos son rápidos y algo económicos por aplicarse en plantas jóvenes y no están sujetas a lo aleatorio de las ocurrencias de los factores climáticos sin embargo, requieren de instalaciones adecuadas para controlar otros factores ajenos a la falta de agua, como luz y temperatura. Así como instrumentos, equipo y materiales de laboratorio y/o invernadero

## **TRABAJOS CON MANITOL**

Whvits (1946), fue uno de los primeros en usar Manitol como soluto para producir soluciones de diferentes potenciales osmóticos, para estudiar porcentaje de germinación en diferentes presiones osmóticas, en relación a la resistencia en sequía en Alfalfa.

En los resultados obtenidos por Kaul citado por Hurd (1975), a través de germinación de semilla de trigo en solución de Manitol a presión osmótica de 20 atmósferas, obtuvo 49% de germinación para la variedad Pitic-62, 27% de Manitol a, 5% para Giza y 3% para Carazinho. Con lo cual demostró substanciales diferencias entre cultivares de Trigo.

Tapia y Schmutz (1970), en pruebas de germinación con Manitol, en 3 especies de zacates del desierto, concluyen que en *Eragrostis lenmanniana* la germinación decreció al incrementar la presión osmótica, en contraste con *Trichachne californica* y *Setaria macrostachya* que fueron bastante resistentes, en las que no se apreciaron efectos adversos drásticos, sino hasta 12 atmósferas.

## **TRABAJOS CON POLIETILENGLICOL.**

Bermúdez et al. (1984), en pruebas de germinación realizadas en laboratorio con Polietilenglicol en Sorgo, determinaron que es un buen agente osmótico para seleccionar plantas tolerantes a sequía.

Rivera (1988), evaluó materiales de semillas de Maíz en el laboratorio y en el campo, usando el Polietilenglicol en dos presiones osmóticas de 0 y -2 Mpa en soluciones líquidas, donde se pusieron a germinar semillas.

Parmar y Moore (1996), realizaron estudios referentes a la tolerancia de sequía simulando el déficit mediante soluciones de Polietilenglicol de (6, 8 y 10 atmósferas de presión osmótica), sobre la germinación y desarrollo de

plántulas de Maíz, observaron en la reducción en la germinación y longitud de raíz primaria, encontrando apropiado el uso de sustratos osmóticos para simular sequía.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO**

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales, adscrito al Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario Castro Gil”, localizado hacia el sur de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Que geográficamente se sitúa entre las coordenadas  $101^{\circ} 25' 22''$ , a una altitud de 1743 m.s.n.m.

### **MATERIAL Y EQUIPO**

Balanza analítica  
Parrilla electromagnética  
Cámara de germinación  
Destilador de agua

### **CRISTALERIA**

Vasos de precipitado  
Probeta graduada

### **INSTRUMENTOS**

Espátula  
Escalímetro  
Jeringa Automática|

## REACTIVOS

### Manitol de peso molecular 182.17

HOCH<sub>2</sub>(CHOH)<sub>4</sub>CH<sub>2</sub>OH

Rotación específica +23.8

Materia insoluble 0.005%

Residuo desp. De ignición 0.005 meq/g

Azúcares reducidos           pasa la prueba

Materiales pesados (Pb)       3 ppm

Perdida de secado a 105° C   0.02%

El Manitol es estero isómero del Sorbitol, es decir; un isómero en el cual los grupos –OH, tienen una disposición especial diferente con respecto a la que adoptan el Sorbitol y existe ampliamente distribuido en la naturaleza. Se le ha aislado de los hongos, de las algas, de la savia del árbol de Maná y muchas otras plantas. El Manitol se obtiene mediante la reducción del Sorbitol que es un alcohol Polihídrico (Murthy y Nethan, 1965).

### Polietilenglicol 8000

Los Polietilenglicoles son productos derivados del petróleo, son inodoros, insípidos, no tóxicos y difícilmente metabolizados por microorganismos. Utilizados como materia prima en la preparación de productos solubles en agua destinados al control de la viscosidad (Gutiérrez, 1966).

### Además se utilizaron:

Papel estaño

Sobres pequeños

Sanitas

Lápiz especial

Bolsa de polietileno en dos tamaños de uno y dos Kg.

Este trabajo de investigación se dividió en cinco partes fundamentales:

- 1 Localización y traslado de material
- 2 Preparación de las soluciones
- 3 Siembra de semillas
- 4 Agregar soluciones
- 5 Toma de datos

### **LOCALIZACIÓN Y TRASLADO DE MATERIAL**

Lo primero que se llevó a cabo fue buscar y seleccionar los materiales en la bodega o Banco de Germoplasma del Instituto Mexicano del Maíz y colocar aproximadamente entre 70 y 90 semillas en un sobre de papel, procurando que esta semilla sea sana y con buenas características fenotípicas, en cada sobre se escribe la genealogía de cada material.

Los materiales seleccionados y utilizados fueron los siguientes:

Genotipo	ORIGEN
1	TEP 94-95 3020 # PAP
2	TEP 94-95 3017 #PAP
3	TEP 94-95 3012 #PAP
4	TEP 94-95 3003 #PAP
5	TEP 94-95 3001 #PAP
6	TEP 94-95 2901 #PAP
7	TEP 94-95 2902 #PAP
8	TEP 94-95 2903 #PAP
9	TEP 94-95 2904 #PAP

10	TEP 94-95 2905 #PAP
11	TEP 94-95 2906#PAP
12	TEP 94-95 2907 #PAP
13	TEP 94-95 2908 #PAP
14	TEP 94-95 2911 #PAP
15	TEP 94-95 2912 #PAP

DONDE:

# = Fraternales  
 PAP = Planta a Planta

#### LUGAR DE PROCEDENCIA:

Tepalcingo, Morelos  
 Ciclo Agrícola 94-95

Una vez seleccionadas las semillas, se trasladaron al laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

#### PREPARACIÓN DE SOLUCIONES

El presente trabajo, permite utilizar una nueva tecnología sencilla y rápida, en la evaluación para la identificación de materiales tolerantes a sequía.

Anteriormente se llevaban a cabo mediante la siembra y evaluación únicamente de los embriones de las semillas de Maíz, en medios de cultivo bajo la técnica “in vitro”.

Cálculos realizados para llevar las soluciones a presión osmótica, utilizando la **ecuación para el uso del Polietilenglicol de Mitchel et al. 1983.**

$$\Psi\pi=1.29 (\text{PEG})_2 \text{ T- } 140 \text{ } 8\text{PEG})_2 -4 (\text{PEG})$$

Donde:

$\Psi\Pi$  = Potencial osmótico

PEG = Kg de PEG/Lt de agua destilada  
= potencial osmótico en barios o bars

T = temperatura en °C

Despejando:

$$\Psi\Pi = \text{PEG}(1.29 T - 140) - 4 \text{ PEG}$$

$$\frac{\text{PEG}(1.29 T - 140)}{A} - \frac{\text{PEG}^2}{X^2} - \frac{-4}{B} - \frac{\text{PEG}}{X} - \frac{-\Pi}{C} = 0$$

Temperatura constante de 25°C

$$\text{Ecuación } AX^2 + C = 0$$

$$X = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4 A C}}{2 A C}$$

**1 ATMÓSFERA = 0.9869 Bar.**

Tomado como base los resultados del trabajo anterior, a continuación se presentan las concentraciones para las soluciones elaboradas con el Polietilen Glicol. Para la realización del presente trabajo, así como los cálculos realizados para llevar a cabo las soluciones a la presión osmótica a -2, -4 y -6 bars.

**Polietilenglicol 6000 a -2 bars.**

$$X = \frac{+4 \pm \sqrt{16 - 4 (107.75) (2)}}{2 (-107.75)}$$

$$+ 4 \times 107.75 \times 2 = 862$$

$$862 = 29.359816$$

$$4 - 29.359836 = - 25.359836$$

$$\frac{-25.359836}{-25.359836} = \frac{25.359836}{25.359836} = 117679 \text{ KG/1000}$$

$$2 (-107.75) \quad -215.5$$

117679 = 117.679 g Por litro de agua destilada.

1000

58.8395 g por medio litro de agua destilada.

### **Polietilenglicol 6000 a -4 bars.**

$$X = +4 + \frac{16 - 4 (107.75) (4)}{2 (-107.75)}$$

$$+ 4 \times 107.75 \times 4 = 1724$$

$$1724 = 41.521078$$

$$4 - 41.521078 = - 37.521078$$

$$\frac{-37.521078}{2 (-107.75)} = \frac{37.521078}{215.5} = .171117 \text{ KG}$$

$$2 (-107.75) \quad -215.5$$

.1741117 = 174.1117g Por litro de agua destilada.

1000

87.0558 g por litro de agua destilada.

### **Polietilenglicol 6000 a -6 bars.**

$$X = +4 + \frac{16 - 4 (107.75) (6)}{2 (-107.72)}$$

$$+ 4 \times 107.75 \times 6 = 2586$$

$$2586 = 50.852728$$

$$4 - 50.852728 = - 46.852728$$

$$\frac{-46.852728}{2 (-107.75)} = \frac{46.852728}{215.5} = .217414 \text{ KG}$$

$$2 (-107.75) \quad -215.5$$

.217414 = 217.414 g Por litro de agua destilada.

108.707 g por medio litro de agua destilada.

Una vez realizados los cálculos del Polietilenglicol, se procede a pesar el reactivo en una balanza analítica y a preparar las soluciones, agregando el Polietilenglicol ya pesado a medio litro de agua estéril contenida en un vaso de precipitado de 750 ml.

Posteriormente se homogeniza, colocando la mezcla en una parrilla electromagnética durante tres minutos.

El Manitol es un reactivo químico, utilizado en el laboratorio, para seleccionar materiales tolerantes a sequía, debido a que no es metabolizado por las células y no es absorbido por las plantas.

Buscando una metodología para selecciones de materiales tolerantes a sequía, se añadieron las ecuaciones de Van't-Hoff y el uso del Manitol para modificar las presiones osmóticas de las soluciones.

### **Ecuación de Van't-Hoff.**

$$\Pi = \frac{R \cdot T}{V} \cdot n_s$$

Donde:

$\Pi$  = Presión osmótica o potencial osmótico en bars

R = Constante (0.082)

T = Temperatura  $273 + ^\circ \text{C} = ^\circ \text{K}$

V = Volumen (1 litro)

$n_s$  = Número de moles

A continuación, se presentan las concentraciones para las soluciones elaboradas con el Manitol para la realización del presente trabajo de investigación, así como los cálculos realizados para llevar las soluciones a la presión osmótica a -5, -7.5 y -10 bars.

**Manitol a -5 bares.**

$$ns = \frac{(PI) (V)}{(R) (T)}$$

$$ns = \frac{5 \times 1}{0.032 \times 298} = \frac{5}{24.43} = .2046663$$

$$1 \text{ Mol} \text{ -----} 182.17 \text{ g / lt}$$
$$.2046663 \text{-----} X$$

$$X = \frac{.2046667 \times 182.17}{1} = 37.284059 \text{g/lt de agua estéril}$$

X = 18.642029 g por medio litro de agua estéril.

**Manitol a -7.5 bares.**

$$ns = \frac{(PI) (V)}{(R) (T)}$$

$$ns = \frac{7.5 \times 1}{0.032 \times 298} = \frac{7.5}{24.43} = .3069995$$

$$1 \text{ Mol} \text{ -----} 182.17 \text{ g / lt}$$
$$.3069995 \text{-----} X$$

$$X = \frac{.3069995 \times 182.17}{1} = 55.926098 \text{ g/lt de agua estéril}$$

X = 27.963049 g por medio litro de agua estéril.

### Manitol a -10 bares.

$$ns = \frac{(PI) (V)}{(R) (T)}$$

$$ns = \frac{10 \times 1}{0.032 \times 298} = \frac{10}{24.43} = .4093307$$

$$1 \text{ Mol} \text{ -----} 182.17 \text{ g / lt}$$
$$.4093307 \text{ -----} X$$

$$X = \frac{.4093397 \times 182.17}{1} = 74.5680 \text{ g/ lt. de agua estéril}$$

X = 37.284068 g por medio litro de agua estéril.

Más 14.913627 g para 200 ml preparados después, para agregar a los materiales, dan un total de 52.197695 gr por 700 ml de agua estéril.

Una vez realizados los cálculos del Manitol, se procede a pesar las cantidades del producto en una balanza analítica y a preparar las soluciones, agregando el Manitol ya pesado a medio litro de agua destilada contenida en un vaso de precipitado de 750 ml.

Posteriormente se homogeniza colocando la mezcla en una parrilla electromagnética durante 3 minutos.

### SIEMBRA DE SEMILLAS

Una vez preparadas las soluciones a las diferentes concentraciones, se procedió a sembrar las semillas en las sanitas, para esto se hace lo siguiente; se toma el número de sanitas a utilizar en la siembra y se dobla por la mitad,

después se colocan dentro del vaso de precipitado de 1000 ml. para humedecerlas con la solución en turno y se dejan dentro del vaso por espacio de 30 segundos para lograr una buena impregnación.

Mientras se logra esto, los materiales se enumeran en orden progresivo, para facilitar el registro de los mismos sin la necesidad de escribir toda la genealogía, al momento de realizar la siembra de la semilla.

Se acomodaron los materiales a utilizar en orden ascendente, para llevar la siembra en orden.

Humedecidas las sanitas, se retiran una por una escurriendo el excedente de solución, se extiende sobre una mesa y se seccionan en tres partes, en donde se identifica cada sección con un número, por cada material utilizado; los números van del 1 al 15.

Una vez hecho esto, se procede a colocar 5 semillas de cada material, procurando que todos los embriones de las semillas, queden hacia la misma dirección.

Se coloca un material por cada sección de la sanita, el cual quedará marcado por medio de un número, para después poder identificarlo y así tener su genealogía.

Luego, cada material se envuelve con la sanita, en la parte exterior de cada sanita se escribe la posición de los embriones por medio de una flecha, además de los números de materiales que están en su interior, el número de repetición, el producto utilizado, la concentración y la fecha de las siembras.

Posteriormente, se coloca cada sanita en forma de taco en la bolsa de polietileno, para depositarlo después en una canastilla de alambre, hasta terminar de sembrar todos los materiales.

Una vez terminada la siembra y colocados los materiales en la canastilla, se procede a escribir una etiqueta donde se especifica; la fecha de la siembra, la fecha en que se agregara el reactivo y la fecha en que se realizara la toma de los datos y se pega en la canastilla.

Los materiales ya sembrados, se depositan en el interior de una cámara germinadora a una temperatura constante de 30° C, por espacio de una semana. Se realizó una siembra diaria con dos repeticiones utilizando una concentración por día. (5 semillas por material).

### **AGREGAR REACTIVO**

Tres días después de la siembra, es necesario agregar 15 ml. del mismo reactivo y con igual concentración utilizada en la siembra en cada material, debido a que las sanitas se resecan por la temperatura existente en el interior de la cámara de germinación y por la misma absorción del líquido por las propias semillas.

Para lograr lo anterior, se extraen todos los materiales contenidos en la canastilla de la incubadora y se llevan al laboratorio, donde en un vaso de precipitado conteniendo el reactivo y por medio de una jeringa graduada y automática, se agregan 5 ml. Por cada parte externa y 5 ml. en la parte interior de cada material envuelto (taco).

Una vez agregada la solución, se envuelve nuevamente el taco, se coloca dentro del polietileno y se regresa a la canastilla. Esto se hará con cada rollo hasta terminar todos los materiales. Para después introducirlos nuevamente a la incubadora, hasta terminar el periodo de una semana.

## **TOMA DE DATOS**

Una vez transcurrido el periodo de ocho días, se retiran todos los materiales de la incubadora, para llevar a cabo la toma de datos.

Los parámetros evaluados fueron; la longitud del tallo de la plántula medida a partir del área llamada cuello. También se midió la longitud de la raíz principal o seminal.

Las unidades de medición fueron en centímetros, mediante un escalímetro o Vernier.

La toma de datos se llevó a cabo diariamente, hasta terminar de evaluar todos los materiales, en todos sus tratamientos y en todas sus repeticiones.

Los datos se registraron en hojas de papel, especificando el número de material, su genealogía, el número de repetición, la medida de la longitud de la raíz y la longitud del tallo.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Después de haber registrado los datos obtenidos en el laboratorio de la longitud del tallo y la longitud de la raíz, se procedió a realizar el análisis estadístico, para lo cual se calcularon todas las medias de cada material por cada repetición, mediante el uso de la computadora utilizando el software de Excel.

Una vez calculadas las medias, se procedió a realizar el análisis de varianza. Los criterios fueron los siguientes:

- Análisis de varianza individual para cada concentración de cada uno de los dos reactivos; tanto en raíz y en tallo.

- Análisis de varianza para cada reactivo en las tres concentraciones y evaluando las variables de raíz y tallo.
- Análisis combinado de los dos reactivos, incluyendo además las seis concentraciones, las dos repeticiones, los 15 tratamientos para las variables raíz y tallo.

El modelo estadístico utilizado para el análisis de varianza individual, para cada concentración fue: un análisis de varianza para dos condiciones (two way).

El modelo estadístico utilizado para el análisis de varianza para cada reactivo, en sus tres concentraciones fue: factorial con arreglo de 3 x 3, combinado sobre localidades.

El modelo estadístico utilizado para el análisis de varianza combinado general fue: factorial con arreglo de 4 x 3 combinado, sobre localidades y años.

**El modelo lineal aditivo utilizado fue el siguiente:**

$$Y_{ijk} = u + G_i + C_j + (GC)_{ij} + B_k + E_{ijk}$$

Donde:

- i = 1,2,3,4.....g (genotipos).
- j = 1,2,3,4.....c (concentraciones)
- k = 1,2,3,4.....r (repeticiones)
- Y<sub>ijk</sub> = Variable de respuesta
- u = Efecto de la media general
- G<sub>i</sub> = Efecto del i-ésimo genotipo
- C<sub>j</sub> = Efecto de la j-ésima concentración
- (GC) = Efecto de la interacción del i-ésimo genotipo y la j-ésima concentración.

- Bk = Efecto de la k-ésima repetición.  
 Eijk = Efecto del error experimental del i-ésimo genotipo, de la j-ésima concentración, de la k-ésima repetición.

**El modelo para el análisis por cada reactivo en sus tres concentraciones fue un combinado sobre localidades.**

VALOR-K	FUENTE	GRADOS DE LIBERTAD
1	LOCALIDAD	L-1
-3	R(L)	L(R-1)
4	A	A - 1
5	LA	(L - 1) (A - 1)
	ERROR	L(A - 1) (R - 1)

Donde:

Localidad = Reactivos

R(L) = Repeticiones

A = Tratamientos

LA = Interacción

**Para el análisis combinado general, se utilizó un combinado sobre localidades y años, con el siguiente modelo:**

VALOR - K	FUENTE	GRADOS DE LIBERTAD
1	L	L - 1
3	R(L)	L(R - 1)
4	Y	Y - 1
5	LY	(L - 1) (Y - 1)
7	RY(L)	L (R - 1) (Y - 1)
8	A	A - 1
9	LA	(L - 1) (A - 1)
12	YA	(Y - 1) (A - 1)

Donde:

L = Reactivos

R(L) = Concentración sobre reactivos

Y = Repeticiones

LY = Reactivos por repeticiones.

R<sub>Y</sub>(L) = Concentraciones por repeticiones por tratamiento

A = Tratamientos

LA = Reactivo por tratamiento

YA = Repetición por tratamiento

LYA = Repeticiones y tratamientos

## **ANÁLISIS DE VARIANZA INDIVIDUAL PARA CADA REACTIVO EN CADA UNA DE SUS CONCENTRACIONES**

### **MANITOL A -5 Bars**

Los resultados obtenidos para evaluar los efectos de cada concentración en forma individual, indican que para Manitol a -5 bars en lo que a raíz se refiere, existe una alta significancia entre las líneas, infiriéndose que esto es debido principalmente a su constitución genética, como se observa en la tabla del análisis de varianza, para la variable raíz. Cuadro 3.1.

Al realizar la prueba de comparación múltiple de la medias de Tukey, se encontró que el mejor genotipo que desarrollo su raíz en un ambiente de Manitol a una presión osmótica de -5 bars, fue el número 8, seguido por los números 13 y 5; los genotipos 14, 2, 7, 12, 10, 11, 15, 6 y 3 resultaron ser estadísticamente iguales.

Los genotipos 9, 4 y 1, obtuvieron un menor desarrollo de la raíz bajo estas condiciones, los resultados de la prueba de Tukey se muestran en el cuadro 3.2.

**CUADRO 3.1 Análisis de varianza para Manitol a -5 bars de presión osmótica para la variable raíz.**

FUENTES	GL	SC	CM	FC	F TAB
TOTAL	29	145.46			
REPETICIONES	1	5.70	5.703	3.07**	.101
TRATAMIENTOS	14	113.78	8.127	4.38**	.004
ERROR	14	25.98	1.855		

C.V. = 17.75%

MEDIA = 7.673

DMS = 2.9214554

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

En el análisis individual para tallo con Manitol a -5 bars se concluye que; existe una alta significancia entre las líneas en cuanto al desarrollo del tallo, es decir, que al menos una es diferente del resto. Cuadro 3.3.

**CUADRO 3.2 Clasificación de las medias de la longitud de raíz, de acuerdo a la prueba de Tukey, evaluadas con Manitol a -5 Bars.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
8	TEP 94-95 2903 # PAP	11.48	A
13	TEP 94-95 2908 # PAP	9.80	AB
5	TEP 94-95 3001 # PAP	8.85	ABC
14	TEP 94-95 2911 # PAP	7.98	ABCD
2	TEP 94-95 3017 # PAP	7.83	ABCD

7	TEP 94-95 2902 # PAP	7.27	ABCD
12	TEP 94-95 2907 # PAP	6.96	ABCD
10	TEP 94-95 2905 # PAP	6.86	ABCD
11	TEP 94-95 2906 # PAP	6.66	ABCD
15	TEP 94-95 2912 # PAP	5.95	ABCD
6	TEP 94-95 2901 # PAP	5.76	ABCD
3	TEP 94-95 3012 # PAP	4.74	ABCD
9	TEP 94-95 2904 # PAP	4.59	BCD
4	TEP 94-95 3003 # PAP	2.68	CD
1	TEP 94-95 3020 # PAP	1.40	D

**TUKEY = 6.7896**

Los genotipos que mejor respondieron a este reactivo y concentración, en cuanto al desarrollo del tallo de acuerdo con la prueba de medias de Tukey, fueron los genotipos 7 y 8, seguido por los 13 y 5, los genotipos 2, 10, 11, 6, 12, 14, 3, 15 y 9 resultaron ser estadísticamente iguales en su respuesta a la elongación del tallo.

Los que obtuvieron el menor crecimiento del tallo bajo este reactivo y concentración fueron el 4 y 1. La clasificación se muestra en el cuadro 3.4.

**CUADRO 3.3 Análisis de varianza para Manitol a -5 bar de presión osmótica para la variable tallo.**

FUENTES	GL	SC	CM	FC	F TAB
TOTAL	29	82.84			
REPETICIONES	1	0.01	0.010	0.01**	
TRATAMIENTOS	14	67.99	4.856	4.58**	.003
ERROR	14	14.85	1.060		

C.V. = 20.09%

MEDIA = 5.126

DMS = 2.2084127

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

De acuerdo a los datos obtenidos se observa que; las mejores líneas que respondieron a Manitol a una concentración de -5 bars; tanto para el crecimiento de raíz y tallo se muestran en el cuadro 3.5 y en el cuadro 3.6 se muestran los que menos respondieron.

**CUADRO 3.4 Clasificación de las medias de los genotipos tratados con Manitol a -5 bars de presión osmótica, en cuanto variable longitud de tallo.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
7	TEP 94-95 2902 # PAP	11.48	A
8	TEP 94-95 2903 # PAP	9.80	AB
5	TEP 94-95 3001 # PAP	8.85	ABC
13	TEP 94-95 2908 # PAP	7.98	ABCD
2	TEP 94-95 3017 # PAP	7.83	ABCD
10	TEP 94-95 2905 # PAP	7.27	ABCD
11	TEP 94-95 2906 # PAP	6.96	ABCD
6	TEP 94-95 2901 # PAP	6.86	ABCD
12	TEP 94-95 2907 # PAP	6.66	ABCD
14	TEP 94-95 2911 # PAP	5.94	ABCD
3	TEP 94-95 3012 # PAP	5.76	ABCD
15	TEP 94-95 2912 # PAP	4.74	ABCD
9	TEP 94-95 2904 # PAP	4.59	BCD
4	TEP 94-95 3003 # PAP	2.68	CD
1	TEP 94-95 3020 # PAP	1.40	D

**TUKEY = 5.1325**

## Manitol a -7.5 bars

En el análisis individual para raíz con manitol a una presión osmótica de -7.5 bar., se concluye de acuerdo a la tabla de análisis de varianza. Cuadro 3.7.

### CUADRO 3.5 Líneas de mejor respuesta tanto para los crecimientos de raíz y tallo expuestas a Manitol a -5 bars.

GENOTIPO	ORIGEN
8	TEP 94-95 2093 # PAP
13	TEP 94-95 2908 # PAP
5	TEP 94-95 3001 # PAP

### CUADRO 3.6 Líneas con menor respuesta a manitol a -5 bars; tanto para crecimiento de la raíz y del tallo.

GENOTIPO	ORIGEN
4	TEP 94-95 3003 # PAP
1	TEP 94-95 3020 # PAP

Que existe una alta significancia entre las líneas tratadas. Aunque todas las líneas respondieron estadísticamente igual en cuanto a la longitud de la raíz, al realizarles la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, como se muestra en el cuadro 3.8.

Debido a que bajo la prueba de Tukey, todas las líneas resultaron ser mejores. Se realizó la prueba de la diferencia mínima significativa de Duncan, teniendo como resultado que todas fueron mejores. Observándose en el mismo cuadro 3.8.

**CUADRO 3.7 Análisis de varianza para Manitol a – 7.5 bars de presión osmótica, para la variable raíz.**

FUENTES	GL	SC	CM	FC	F TAB
TOTAL	29	134.30			
REPETICIONES	1	0.17	0.173	0.06**	
TRATAMIENTOS	14	94.68	6.763	2.40**	.056
ERROR	14	39.45	2.818		

C.V. = 40.43%

MEDIA = 4.156

DMS = 3.600079

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

**CUADRO 3.8 Comparación de medias bajo la prueba de Tukey, para la longitud de raíz, tratadas con Manitol a -7.5 bars de presión osmótica.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
8	TEP 94-95 2903 # PAP	6.73	A
5	TEP 94-95 3001 # PAP	6.68	AB
6	TEP 94-95 2901 # PAP	5.61	ABC
12	TEP 94-95 2907 # PAP	5.53	ABCD
10	TEP 94-95 2905 # PAP	4.54	ABCD
2	TEP 94-95 3017 # PAP	4.32	ABCD
9	TEP 94-95 2904 # PAP	4.15	ABCD
7	TEP 94-95 2902 # PAP	4.10	ABCD
13	TEP 94-95 2908 # PAP	3.95	ABCD
11	TEP 94-95 2906 # PAP	3.84	ABCD
15	TEP 94-95 2912 # PAP	3.55	ABCD
1	TEP 94-95 3020 # PAP	3.34	ABCD

14	TEP 94-95 2911 # PAP	3.30	BCD
4	TEP 94-95 3003 # PAP	2.95	CD
3	TEP 94-95 3012 # PAP	1.98	D

**TUKEY = 8.3684**

**DMS = 4.9975**

En los resultados del análisis de varianza para tallo en forma individual para Manitol a una presión osmótica de – 7.5 bars. Según el cuadro 3.9. Se concluye que; existe una alta significancia entre los tratamientos o líneas.

Al realizarles la prueba de comparación múltiple de medias para la variable longitud de tallo, se encontró que la mejor línea fue la 5, seguida por la número 6, los genotipos 2, 8, 12, 11, 7, 10 y 14 resultaron estadísticamente iguales y son los que siguen en el orden. Las líneas 3, 15, 4, 9, 13 y 1 son iguales estadísticamente, pero dentro de otra clasificación de medias. Por último se encontró la línea número 1.

La clasificación de las medias, en base a la prueba de Tukey para la elongación del tallo, se muestra en el cuadro 3.10.

**CUADRO 3.9 Análisis de varianza para Manitol a -7.5 bars de presión osmótica para la variable tallo.**

FUENTES	GL	SC	CM	FC	F TAB
TOTAL	29	23.09			
REPETCIONES	1	0.11	0.110	0.39**	
TRATAMIENTOS	14	19.02	1.358	4.80**	.002
ERROR	14	3.96	0.283		

C.V. = 34.04%

MEDIA = 1.562

DMS = 1.1410916

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

Estos resultados hacen suponer, que las líneas que mejor respondieron a Manitol a – 7.5 bars de presión osmótica, en cuanto a los parámetros de longitud de raíz y longitud de tallo, son las que se muestran en el cuadro 3.11 y las que respondieron en menor grado, se muestran en el cuadro 3.12.

### MANITOL A -10 BARS

En la tabla 3.13 de análisis de varianza individual, utilizando para evaluar la longitud de la raíz, en las líneas que se desarrollaron en una solución de Manitol a una presión de -10 bars. Se observa una alta significancia entre los genotipos y de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey que se muestra en el cuadro 3.14, las mejores líneas observadas en cuanto a la longitud de la raíz se refiere son:

#### CUADRO 3.10 Clasificación de las medias por la prueba de Tukey para el parámetro longitud de tallo, tratado con Manitol a una presión de -7.5 bar.

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
5	TEP 94-95 3001 # PAP	4.16	A
6	TEP 94-95 2901 # PAP	3.58	AB
2	TEP 94-95 3017 # PAP	3.13	ABC
8	TEP 94-95 2903 # PAP	3.10	ABC
12	TEP 94-95 2907 # PAP	3.06	ABC
11	TEP 94-95 2906 # PAP	2.44	ABC
7	TEP 94-95 2902 # PAP	2.44	ABC
10	TEP 94-95 2905 # PAP	1.73	ABC

14	TEP 94-95 2911 # PAP	1.61	ABC
3	TEP 94-95 3012 # PAP	1.38	BC
15	TEP 94-95 2912 # PAP	1.36	BC
4	TEP 94-95 3003 # PAP	1.19	BC
9	TEP 94-95 2904 # PAP	1.12	BC
13	TEP 94-95 2908 # PAP	1.03	BC
1	TEP 94-95 3020 # PAP	0.80	C

---

**TUKEY = 2.6520**

**Cuadro 3.11 Genotipos que mejor respondieron al producto Manitol a una presión de -7.5 bars en cuanto a raíz y tallo.**

GENOTIPO	ORIGEN
5	TEP 94-95 3001 # PAP
6	TEP 94-95 2901 # PAP
8	TEP 94-95 2903 # PAP

---

**CUADRO 3.12 Genotipos que obtuvieron menor respuesta de longitud de tallo y longitud de raíz, en un ambiente de Manitol a -7.5 bars.**

GENOTIPO	ORIGEN
3	TEP 94-95 3012 # PAP
15	TEP 94-95 2912 # PAP
4	TEP 94-95 3003 # PAP
9	TEP 94-95 2904 # PAP
13	TEP 94-95 2908 # PAP
1	TEP 94-95 3020 # PAP

---

Los genotipos número 5 y 12, seguidos por las líneas 8, 6, 2, 9, 13, 14, 11, 7, 10, 4, 3, y 15, resultaron ser igual estadísticamente y por último la número 1.

En cuanto al comportamiento de las líneas en lo que a longitud de tallo se refiere con manitol a -10 bars,, el análisis de varianza para este parámetro refleja que; hay una alta significancia entre los tratamientos. Esto se observa en el cuadro 3.15.

**CUADRO 3.13 Análisis de varianza para Manitol a -10 bars de presión osmótica para la variable raíz.**

FUENTES	GL	SC	CM	FC	F TAB
TOTAL	29	70.68			
REPETCIONES	1	0.78	0.781	0.66**	
TRATAMIENTOS	14	53.42	3.816	3.24**	.017
ERROR	14	16.48	1.177		

C.V. = 57.43%

MEDIA = 1.889

DMS = 2.3271026

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

Los genotipos que mejor desarrollaron sus tallos bajo estas condiciones fueron; según se observa en la prueba de Tukey en el cuadro 3.16, los siguientes:

En primer lugar, están los genotipos 6 y 5 como los mejores; luego el número 8, siguiéndole el 2, las líneas 13, 11, 4, 9, 14, 12, y 7 resultaron

estadísticamente iguales, el genotipo 15, se localiza en otro grupo. Y por último, están las líneas 3, 10 y 1 que fueron las de menor desarrollo de tallo.

**CUADRO 3.14 Clasificación de las líneas por la prueba de Tukey para la variable longitud de raíz, evaluadas con Manitol a – 10 bars de presión osmótica.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
5	TEP 94-95 3001 # PAP	6.58	A
12	TEP 94-95 2907 # PAP	6.08	A
8	TEP 94-95 2903 # PAP	5.23	AB
6	TEP 94-95 2901 # PAP	5.00	AB
2	TEP 94-95 3017 # PAP	3.53	AB
9	TEP 94-95 2904 # PAP	3.06	AB
13	TEP 94-95 2908 # PAP	3.04	AB
14	TEP 94-95 2911 # PAP	2.98	AB
11	TEP 94-95 2906 # PAP	2.28	AB
7	TEP 94-95 2902 # PAP	2.21	AB
10	TEP 94-95 2905 # PAP	1.91	AB
4	TEP 94-95 3003 # PAP	1.84	AB
3	TEP 94-95 3012 # PAP	1.83	AB
15	TEP 94-95 2912 # PAP	1.78	AB
1	TEP 94-95 3020 # PAP	0.62	B

**TUKEY = 5.4083**

Observando los resultados de los parámetros raíz y tallo, evaluados en los 15 diferentes genotipos, se concluye que las mejores líneas desarrolladas bajo Manitol a una presión osmótica de -10 bars, se observan en el cuadro 3.17 y las que menos desarrollaron en estas condiciones se observan en el cuadro 3.18.

**CUADRO 3.15 Análisis de varianza para Manitol a -10 bars de presión osmótica para la variable longitud de tallo.**

FUENTES	GL	SC	CM	FC	F TAB
TOTAL	29	2.54			
REPETICIONES	1	0.10	0.099	1.43**	.251
TRATAMIENTOS	14	1.48	0.105	1.53**	.218
ERROR	14	0.97	0.069		

C.V. = 124.68%

MEDIA = 0.211

DMS = .5634454

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

Al evaluar de manera general al Manitol en sus tres concentraciones, se concluye que; las líneas mejor evaluadas en cuanto a desarrollo de raíz y tallo con este reactivo, en cualquiera de sus tres concentraciones, fueron los genotipos 8 y 5, cuyos orígenes son TEP 94-95 2903 # PAP y TEP 94-95 3001 # PAP respectivamente.

Estos resultados se obtuvieron al observar, que las medias para los dos parámetros fueron las más altas, al ser sometidas bajo cualquiera de las tres presiones evaluadas.

Los genotipos que se comportaron de manera negativa o que presentaron un menor desarrollo en cualquiera de las concentraciones fueron; las líneas 1, cuyo origen es TEP 94-95 3020 # PAP y la línea 4 de origen TEP 94-95 3003 # PAP.

**CUADRO 3.16 Clasificación de los genotipos por medio de la prueba de Tukey en cuanto a la longitud de tallo, con Manitol a -10 bars de presión.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
6	TEP 94-95 2901 # PAP	2.88	A
5	TEP 94-95 3001 # PAP	2.32	A
8	TEP 94-95 2903 # PAP	1.94	AB
2	TEP 94-95 3017 # PAP	1.86	ABC
13	TEP 94-95 2908 # PAP	0.97	BCD
11	TEP 94-95 2906 # PAP	0.92	BCD
4	TEP 94-95 3003 # PAP	0.89	BCD
9	TEP 94-95 2904 # PAP	0.88	BCD
14	TEP 94-95 2911 # PAP	0.81	BCD
12	TEP 94-95 2907 # PAP	0.79	BCD
7	TEP 94-95 2902 # PAP	0.75	BCD
15	TEP 94-95 2912 # PAP	0.60	CD
3	TEP 94-95 3012 # PAP	0.44	D
10	TEP 94-95 2905 # PAP	0.43	D
1	TEP 94-95 3020 # PAP	0.30	D

**TUKEY = 1.3095**

**CUADRO 3.17 Mejores genotipos que desarrollaron tanto raíz como tallo bajo Manitol a -10 Bars.**

GENOTIPO	ORIGEN
5	TEP 94-95 3001 # PAP
6	TEP 94-95 2901 # PAP
8	TEP 94-95 2903 # PAP

**CUADRO 3.18 Genotipos que desarrollaron menos raíz y tallo bajo Manitol a -10 bars de presión.**

GENOTIPO	ORIGEN
1	TEP 94-95 3020 # PAP
3	TEP 94-95 3012 # PAP
10	TEP 94-95 2905 # PAP

Rodríguez (1989), determina que la selección de genotipos resistentes a la escasez de humedad puede basarse únicamente en los parámetros de longitud de raíz y de longitud de tallo, ya que el peso fresco y peso seco de estos dos están íntimamente relacionados a los dos anteriores.

También indica que la técnica de laboratorio utilizando Manitol es efectiva, económica y rápida para seleccionar genotipos tolerantes a sequía.

**POLIETILENGLICOL A -2 BARS**

Al evaluar el Polietilenglicol, como segundo reactivo utilizado en la presente investigación de manera individual por concentraciones. Los resultados obtenidos indican, que para el Polietilenglicol a una presión osmótica de -2 bars en la longitud de raíz, existe una alta significancia. Esto se observa en el cuadro 3.19 del análisis de varianza.

**CUADRO 3.19 Análisis de varianza para Polietilenglicol a -2 bars de presión osmótica para variable raíz.**

FUENTES	GL	SC	CM	FC	F TAB
TOTAL	29	246.63			

REPETCIONES	1	22.33	22.326	8.72**	.010
TRATAMIENTOS	14	188.46	13.461	5.26**	.001
ERROR	14	35.85	2.560		

C.V. = 24.29%

MEDIA = 6.587

DMS = 3.432

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

Al efectuar la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, se encontró que todos los genotipos fueron estadísticamente iguales, en el crecimiento de la raíz. Como se observa en el cuadro 3.20.

**CUADRO 3.20 Clasificación de las medias de los genotipos tratados con Polietilenglicol a -2 bars de presión en el parámetro longitud de raíz.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
12	TEP 94-95 2907 # PAP	10.73	A
6	TEP 94-95 2901 # PAP	10.19	A
11	TEP 94-95 2906 # PAP	9.45	A
5	TEP 94-95 3001 # PAP	9.28	A
8	TEP 94-95 2903 # PAP	8.89	A
9	TEP 94-95 2904 # PAP	8.49	A
10	TEP 94-95 2905 # PAP	8.35	A
7	TEP 94-95 2902 # PAP	7.94	A
13	TEP 94-95 2908 # PAP	7.93	A
2	TEP 94-95 3017 # PAP	7.05	A
15	TEP 94-95 2912 # PAP	6.25	A
14	TEP 94-95 2911 # PAP	6.19	A
3	TEP 94-95 3012 # PAP	6.16	A
1	TEP 94-95 3020 # PAP	4.48	A

**TUKEY = 7.9762**

Al realizar la comparación de medias, se observa que todos los genotipos fueron los mejores, debido a que esta prueba es más selectiva. Por tal razón, se procedió a realizar la prueba de la diferencia mínima significativa de Duncan, esta muestra que los mejores genotipos son el 12, 6, 11 y 5; los números 8 y 9 formaron un grupo, mientras que el 10, 7, 13, 2, 15, 14 y 3 fueron un grupo estadísticamente igual, la línea 1 le sigue en la clasificación y por último la número 4, constituyendo un último grupo como se muestra en el cuadro 3.21.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para el tallo (cuadro 3.22), utilizando Polietilenglicol a -2 bars de presión, muestran una alta significancia entre las líneas, lo que denota una variabilidad genética entre ellas.

También al efectuar la prueba de Tukey, se encontró que todos los genotipos aunque provienen de diferente material genético, se comportaron estadísticamente iguales en cuanto al desarrollo del tallo. Como se muestra en el cuadro 3.23.

Por los resultados obtenidos en cuanto a las longitudes de tallo, desarrollados en una solución de Polientilen Glicol. A -2 bars de presión, se observa que las líneas más sobresalientes fueron todas las tratadas.

Debido a lo anterior, fue necesario realizarles la diferencia mínima significativa de Duncan, obteniendo los siguientes resultados.

El mejor genotipo fue el número 6, seguido por el 5; los números 11, 2, 7, 12, 10 y 9 son iguales estadísticamente. Otro grupo lo forman el 13, 14, 4, y 3, siendo el número 1, quien constituyo el último orden. Cuadro 3.24.

**CUADRO 3.21 Clasificación de las medias mediante la DMS para la variable raíz, en Polietilenglicol a -2 bars de presión osmótica.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
12	TEP 94-95 2907 # PAP	10.73	A
6	TEP 94-95 2901 # PAP	10.19	A
11	TEP 94-95 2906 # PAP	9.45	A
5	TEP 94-95 3001 # PAP	9.28	A
8	TEP 94-95 2903 # PAP	8.89	AB
9	TEP 94-95 2904 # PAP	8.49	AB
10	TEP 94-95 2905 # PAP	8.35	ABC
7	TEP 94-95 2902 # PAP	7.94	ABC
13	TEP 94-95 2908 # PAP	7.93	ABC
2	TEP 94-95 3017 # PAP	7.05	ABC
15	TEP 94-95 2912 # PAP	6.25	ABC
14	TEP 94-95 2911 # PAP	6.19	ABC
3	TEP 94-95 3012 # PAP	6.16	ABC
1	TEP 94-95 3020 # PAP	4.48	BC
4	TEP 94-95 3003 # PAP	3.72	C

**TUKEY = 4.7632**

**CUADRO 3.22 Análisis de varianza para Polietilenglicol a -2 bars de presión osmótica para la variable tallo.**

FUENTES	GL	SC	CM	FC	F TAB
TOTAL	29	163.05			
REPETCIONES	1	6.11	6.111	3.23**	.093
TRATAMIENTOS	14	130.46	9.319	4.93**	.002
ERROR	14	26.47	1.891		

C.V. = 28.02%

MEDIA = 4.907

DMS = 2.9496675

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

### **POLIETILENGLICOL A -4 BARS**

Los resultados obtenidos en el desarrollo de la longitud de la raíz entre las líneas evaluadas, en una solución de Polietilenglicol a -4 bars de presión osmótica, se reflejan en la tabla del análisis de varianza representado en el cuadro 3.25, donde se observa que existe una alta significancia entre las líneas tratadas.

Los mejores genotipos observados en base a la comparación de medias en cuanto al desarrollo de su raíz fue el genotipo 8, luego el número 5, en otro grupo estadísticamente igual están las líneas 7, 11, y 6; después de estas están la 9, 13, 12, y 2; seguidas de la número 10, 14, 3 y 15, las cuales forman otro grupo estadísticamente igual y por último se encuentran los genotipos 4 y 1, que fueron los que desarrollaron en menor grado su raíz. La clasificación de estas medias se observa en el cuadro 3.26.

#### **CUADRO 3.23 Clasificación de las medias de los genotipos tratados con Polietilenglicol a – 2 bars, mediante la prueba de Tukey para la variable longitud de tallo.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
6	TEP 94-95 2901 # PAP	8.02	A
5	TEP 94-95 3001 # PAP	7.17	A
11	TEP 94-95 2906 # PAP	6.97	A
2	TEP 94-95 3017 # PAP	6.68	A
7	TEP 94-95 2902 # PAP	6.44	A

12	TEP 94-95 2907 # PAP	5.54	A
8	TEP 94-95 2903 # PAP	4.88	A
15	TEP 94-95 2912 # PAP	4.55	A
10	TEP 94-95 2905 # PAP	4.52	A
9	TEP 94-95 2904 # PAP	4.01	A
13	TEP 94-95 2908 # PAP	3.91	A
14	TEP 94-95 2911 # PAP	3.75	A
4	TEP 94-95 3003 # PAP	3.69	A
3	TEP 94-95 3012 # PAP	3.69	A
1	TEP 94-95 3020 # PAP	3.07	A

TUKEY = 6.8552

**CUADRO 3.24 Clasificación de las medias mediante la DMS para la variable tallo en Polietilenglicol a -2 bars.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
6	TEP 94-95 2901 # PAP	8.02	A
5	TEP 94-95 3001 # PAP	7.17	AB
11	TEP 94-95 2906 # PAP	6.97	ABC
2	TEP 94-95 3017 # PAP	6.68	ABC
7	TEP 94-95 2902 # PAP	6.44	ABC
12	TEP 94-95 2907 # PAP	5.54	ABC
8	TEP 94-95 2903 # PAP	4.88	ABC
15	TEP 94-95 2912 # PAP	4.55	ABC
10	TEP 94-95 2905 # PAP	4.52	ABC
9	TEP 94-95 2904 # PAP	4.01	ABC
13	TEP 94-95 2908 # PAP	3.91	BC
14	TEP 94-95 2911 # PAP	3.75	BC
4	TEP 94-95 3003 # PAP	3.69	BC
3	TEP 94-95 3012 # PAP	3.69	BC
1	TEP 94-95 3020 # PAP	3.07	C

**TUKEY = 4.0938**

En el análisis de varianza realizado individualmente para Polietilen Glico a -4 bars, Cuadro 3.27 y evaluar la longitud de tallo desarrollado bajo esta solución, se observó una alta significancia entre las líneas, debido a su diferente variabilidad genética.

**CUADRO 3.25 Análisis de varianza para Polietilen Gicol a -4 bars de presión osmótica para la variable raíz.**

FUENTES	GL	SC	CM	FC	F TAB
TOTAL	29	66.35			
REPETCIONES	1	0.12	0.118	0.35**	
TRATAMIENTOS	14	61.53	4.395	13.08**	.000
ERROR	14	4.70	0.336		

C.V. = 13.82%

MEDIA = 4.193

DMS = 1.2433601

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

Las mejores líneas observadas, de acuerdo con la comparación de medias realizada para este parámetro, resultaron ser todas las líneas tratadas. Como se observa en el cuadro 3.28.

Debido a que todas las líneas resultaron ser buenas bajo la prueba de Tukey, se realizó también la diferencia mínima significativa para la variable tallo, tratada con Polietilenglicol a -4 bars. Resultando lo siguiente:

Las mejores líneas fueron la 5 y 8, el siguiente grupo lo formaron el 11 y 6, el número 2 constituye un solo orden mientras que el 7, 10, y 12 son estadísticamente iguales, los números 14 y 9 siguen el orden de la clasificación, las líneas 13 y 15 formaron un penúltimo grupo y al final los genotipos 3, 1 y 4. Cuadro 3.29.

**CUADRO 3.26 Clasificación de las medias mediante la prueba de Tukey, evaluando el desarrollo de la raíz bajo Polietileno Glicol a -4 bars de presión osmótica.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
8	TEP 94-95 2903 # PAP	7.90	A
5	TEP 94-95 3001 # PAP	6.15	AB
7	TEP 94-95 2902 # PAP	5.38	ABC
11	TEP 94-95 2906 # PAP	5.38	ABC
6	TEP 94-95 2901 # PAP	5.38	ABC
9	TEP 94-95 2904 # PAP	4.70	BC
13	TEP 94-95 2908 # PAP	4.45	BC
12	TEP 94-95 2907 # PAP	4.38	BC
2	TEP 94-95 3017 # PAP	4.25	BC
10	TEP 94-95 2905 # PAP	3.59	BCD
14	TEP 94-95 2911 # PAP	3.19	CD
3	TEP 94-95 3012 # PAP	2.75	CD
15	TEP 94-95 2912 # PAP	2.75	CD
4	TEP 94-95 3003 # PAP	1.15	D
1	TEP 94-95 3020 # PAP	0.96	D

TUKEY = 2.8896

**CUADRO 3.27 Análisis de varianza para Polietilenglicol a -4 bars de presión osmótica para la variable tallo.**

FUENTES	GL	SC	CM	FC	F TAB
TOTAL	29	42.00			
REPETICIONES	1	0.24	0.235	0.98**	
TRATAMIENTOS	14	38.40	2.743	11.42**	.000
ERROR	14	3.36	0.240		

C.V. = 23.96%

MEDIA = 2.046

DMS = 1.0508311

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

Por los resultados obtenidos y observados para el desarrollo de la raíz y tallo, en una solución de Polietilenglicol a -4 bars, en las líneas evaluadas se concluye que; de los mejores genotipos fue en primer lugar el número 8, como el más sobresaliente, seguido del número 5.

Los genotipos que tuvieron menos desarrollo tanto para raíz y tallo, en estas condiciones fueron: los genotipos 4 y 1.

### **POLIETILENGLICOL A -6 BARS**

En el análisis de varianza utilizado para evaluar las líneas que fueron tratadas, en una solución con Polietilenglicol a -6 bars de presión osmótica para la longitud de la raíz. Cuadro 3.30, refleja que existe una alta significancia entre los genotipos evaluados.

**CUADRO 3.28 Clasificación de las medias mediante la prueba de Toker, para los genotipos en Polietilenglicol a -4 bars de presión osmótica, para la variable longitud de tallo.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
5	TEP 94-95 3001 # PAP	2.85	A
8	TEP 94-95 2903 # PAP	2.83	A
11	TEP 94-95 2906 # PAP	2.40	A
6	TEP 94-95 2901 # PAP	2.31	A
2	TEP 94-95 3017 # PAP	2.21	A
7	TEP 94-95 2902 # PAP	1.84	A
10	TEP 94-95 2905 # PAP	1.79	A
12	TEP 94-95 2907 # PAP	1.52	A
14	TEP 94-95 2911 # PAP	1.32	A
9	TEP 94-95 2904 # PAP	1.04	A
13	TEP 94-95 2908 # PAP	0.78	A
15	TEP 94-95 2912 # PAP	0.78	A
3	TEP 94-95 3012 # PAP	0.70	A
1	TEP 94-95 3020 # PAP	0.56	A
4	TEP 94-95 3003 # PAP	0.50	A

**TUKEY = 2.4422**

**CUADRO 3.29 Clasificación de las medias según DMS para la longitud del tallo en Polietilenglicol a -4 bars de presión.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
5	TEP 94-95 3001 # PAP	2.85	A
8	TEP 94-95 2903 # PAP	2.83	A
11	TEP 94-95 2906 # PAP	2.40	AB
6	TEP 94-95 2901 # PAP	2.31	AB
2	TEP 94-95 3017 # PAP	2.21	ABC
7	TEP 94-95 2902 # PAP	1.84	ABCD
10	TEP 94-95 2905 # PAP	1.79	ABCD
12	TEP 94-95 2907 # PAP	1.52	ABCD
14	TEP 94-95 2911 # PAP	1.32	BCD

9	TEP 94-95 2904 # PAP	1.04	BCD
13	TEP 94-95 2908 # PAP	0.78	CD
15	TEP 94-95 2912 # PAP	0.78	CD
3	TEP 94-95 3012 # PAP	0.70	D
1	TEP 94-95 3020 # PAP	0.56	D
4	TEP 94-95 3003 # PAP	0.50	D

**TUKEY = 1.4584**

Al observar la comparación de las medias, se obtuvo como resultado. Que las líneas mejor comportadas en cuanto a la longitud de raíz se refiere, fue el genotipo número 8, después de él; se formó un grupo con los número 13, 6, 7, 5, 2, 10 y 12; por último, un tercer grupo con los genotipos 9, 14, 11, 15, 4, 3, y 1. Como se observa en el cuadro 3.31.

**CUADRO 3.30 Análisis de varianza para Polietilenglicol a -6 bars de presión osmótica para la variable raíz.**

FUENTES	GL	SC	CM	FC	F TAB
TOTAL	29	75.98			
REPETICIONES	1	0.03	0.028	0.05**	
TRATAMIENTOS	14	68.56	4.897	9.28**	.000
ERROR	14	7.39	0.528		

C.V. = 24.33%

MEDIA = 2.987

DMS = 1.5586344

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

Al evaluar la elongación del tallo de las semillas de Maíz, tratadas en una solución de Polietilenglicol a -6 bars de presión. Cuadro 34.32, el análisis de varianza indica; que existe también una alta significancia entre las líneas.

Los genotipos que desarrollaron mejor su tallo bajo estas condiciones de presión, según los resultados de la comparación de las medias fueron; todas las líneas tratadas. Como se puede observar en el cuadro 3.33.

Al realizarles la prueba de Duncan, se logró como resultado corroborar, que todas las líneas tratadas fueron mejores. Cuadro 3.34.

**CUADRO 3.31 Clasificación de las medias en Polietilenglicol a -6 bars de presión, para la longitud de la raíz.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
8	TEP 94-95 2903 # PAP	5.20	A
13	TEP 94-95 3008 # PAP	3.60	AB
6	TEP 94-95 2901 # PAP	3.20	AB
7	TEP 94-95 2902 # PAP	2.90	AB
5	TEP 94-95 3001 # PAP	2.41	AB
2	TEP 94-95 3017 # PAP	1.97	AB
10	TEP 94-95 2905 # PAP	1.90	AB
12	TEP 94-95 2907 # PAP	1.70	AB
9	TEP 94-95 2904 # PAP	1.43	B
14	TEP 94-95 2911 # PAP	1.05	B
11	TEP 94-95 2906 # PAP	1.00	B
15	TEP 94-95 2912 # PAP	0.93	B
4	TEP 94-95 3003 # PAP	0.50	B
3	TEP 94-95 3012 # PAP	0.30	B
1	TEP 94-95 3020 # PAP	0.25	B

**TUKEY = 3.6224**

En la evaluación del reactivo Polietilenglicol de manera general en sus tres concentraciones, se concluye que; las líneas mejor comportadas con este reactivo para cualquiera de sus tres concentraciones y que obtuvieron las medias más altas para cada concentración, tanto en el desarrollo de la raíz como del tallo fueron la número 8, cuyo origen es el TEP 94-95 2903 # PAP, La número 6 de origen TEP 94-95 2901 # PAP la número 5, TEP 94-95 3001 # PAP.

**CUADRO 3.32 Análisis de varianza para Polietilenglicol a -6 bars de presión osmótica para la variable tallo.**

FUENTES	GL	SC	CM	FC	F TAB
TOTAL	29	18.99			
REPETICIONES	1	0.01	0.015	0.08**	
TRATAMIENTOS	14	16.48	1.177	6.60**	.000
ERROR	14	2.50	0.178		

C.V. = 37.63%

MEDIA = 1.122

DMS = .38181

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

Las líneas que menos respondieron al Polietilén Glicol en cualquiera de sus tres concentraciones fueron los genotipos 4, de origen TEP 94-95 2003 # PAP y el número 1 cuyo origen TEP 94-95 3020 # PAP.

Se hace la observación de que todos los análisis de varianza hechos en la investigación, el coeficiente de variación esta dentro de rangos aceptables

para los experimentos realizados en el laboratorio, tomando en cuenta que en la realización del presente estudio se trató de dar las condiciones naturales, como son la no desinfección de la semilla, la no esterilización de los materiales, ni cristalería, ni tampoco el área de siembra.

**CUADRO 3.33 Clasificación de las medias para la variable longitud de tallo, de los genotipos tratados con Polietilenglicol a -6 bars de presión osmótica, mediante Tukey.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
6	TEP 94-95 2901 # PAP	0.82	A
15	TEP 94-95 2912 # PAP	0.53	A
5	TEP 94-95 3001 # PAP	0.45	A
8	TEP 94-95 2903 # PAP	0.40	A
2	TEP 94-95 3017 # PAP	0.35	A
10	TEP 94-95 2905 # PAP	0.32	A
13	TEP 94-95 2908 # PAP	0.25	A
9	TEP 94-95 2904 # PAP	0.20	A
4	TEP 94-95 3003 # PAP	0.15	A
7	TEP 94-95 2902 # PAP	0.11	A
11	TEP 94-95 2906 # PAP	0.03	A
12	TEP 94-95 2907 # PAP	0.00	A
1	TEP 94-95 3020 # PAP	0.00	A
14	TEP 94-95 2911 # PAP	0.00	A
3	TEP 94-95 3012 # PAP	0.00	A

**TUKEY = 2.1032**

**CUADRO 3.34 Clasificación de las medias de acuerdo a la prueba de Duncan, para la variable tallo, tratadas con Polietilenglicol a -6 bars de presión osmótica.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
6	TEP 94-95 2901 # PAP	0.82	A
15	TEP 94-95 2912 # PAP	0.53	A
5	TEP 94-95 3001 # PAP	0.45	A
8	TEP 94-95 2903 # PAP	0.40	A
2	TEP 94-95 3017 # PAP	0.35	A
10	TEP 94-95 2905 # PAP	0.32	A
13	TEP 94-95 2908 # PAP	0.25	A
9	TEP 94-95 2904 # PAP	0.20	A
4	TEP 94-95 3003 # PAP	0.15	A
7	TEP 94-95 2902 # PAP	0.11	A
11	TEP 94-95 2906 # PAP	0.03	A
12	TEP 94-95 2907 # PAP	0.00	A
1	TEP 94-95 3020 # PAP	0.00	A
14	TEP 94-95 2911 # PAP	0.00	A
3	TEP 94-95 3012 # PAP	0.00	A

**TUKEY = 1.2560**

En base a la observación general de todos los análisis de varianza, de cada una de las concentraciones para los dos reactivos, se obtiene como resultado; que existen entre los quince materiales evaluados, tres que son los que mejor se comportaron, durante las pruebas del presente estudio en el laboratorio.

Estos materiales son los genotipos 8, 6 y 5, cuyos orígenes son: TEP 94-95 2903 # PAP, TEP 94-95 2901 # PAP y TEP 94-95 3001 # PAP, respectivamente.

También podemos inferir, que los genotipos que no prosperaron satisfactoriamente bajo la influencia de cualquier reactivo y concentración fueron; las líneas 4 y 1, cuyos orígenes son: TEP 94-95 3003 # PAP y TEP 94-95 3020 # PAP, respectivamente.

En forma general, podemos observar que las longitudes de las raíces, fueron casi en todos los casos mayores a las longitudes de los tallos, esto es de suponer de acuerdo a Soriano y Montaldi (1980), quienes expresaron que las especies con capacidad de crecimiento radical en suelos secos, son tolerantes a los déficits de agua, debido a que cuando se escasea el vital líquido del suelo, las raíces aumentan su profundidad y radio de los tejidos radicales capaces de absorber el agua.

Parmar y Moore (1966), utilizando Polietilenglicol como inductor de condiciones de sequía en el laboratorio, observan una gran reducción en la germinación, longitud de la raíz primaria y brotes a soluciones de 6, 8, y 10 atmosferas de presión osmótica.

Bermudes et al. (1984), en pruebas de germinación realizadas en el laboratorio con Polietilenglicol en Sorgo, determinaron que es un buen agente osmótico para seleccionar plantas tolerantes a sequía.

## **ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CADA REACTIVO EN SUS TRES CONCENTRACIONES**

### **PARA MANITOL**

Al evaluar los genotipos en sus tres concentraciones (-5, -7.5 y -10 bars) con Manitol, los resultados obtenidos en el análisis de varianza fueron los siguientes:

Se encontró una alta significancia en el uso del reactivo Manitol a las 3 diferentes concentraciones, esto hace suponer; que cada concentración, produce reacciones diferentes en la estructura de la semilla de cada material, Así como en el desarrollo de raíz y tallo de la plántula, ya que al aumentar la presión, aumenta también la dificultad de absorber el agua por la semilla. Cuadro 3.35 y cuadro 3.36.

Parmar y Moore (1968), establecen que; a mayor presión osmótica, el peso de la raíz aumenta y el brote disminuye, debido a que la raíz depende más de la reserva de la semilla, y tiene menor dependencia al agua y de los fotosintatos en estado de plántula.

También se encontró una alta significancia entre los tratamientos, por lo que existen diferencias entre líneas en cuanto al crecimiento de la raíz y tallo, porque se supone que las líneas son descendientes de poblaciones diferentes.

Se concluye que; la presión osmótica óptima para Manitol en la evaluación de materiales tolerantes a sequía en el laboratorio, fue la de -5 bars. En base y tomando como criterio para esta conclusión, la mayor variación existente entre las medias de las líneas, así como en la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, en la cual esta concentración, formó un mayor número de grupos diferentes estadísticamente. Cuadros 3.35 y 3.36,.

Al evaluar mediante la comparación de medias, para encontrar cuales son las mejores líneas bajo Manitol en cualquier concentración, se obtuvieron los cuadros 3.39 y 3.40.

Se puede observar; que la mejor línea en cuanto al desarrollo de la raíz se refiere, fue el genotipo 8, las líneas 5, 12, 13, 6, 2, 14, 7, 10, 11, 9, 15, 3, 4, formaron un grupo estadísticamente igual. Clasificada en otra diferente agrupación ésta el genotipo número 1.

**CUADRO 3.35 Análisis de varianza para Manitol en sus tres concentraciones para la variable raíz.**

COD	FUENTE	GL	SC	CM	FC	F-TAB
1	REACTIVOS	2	509.64	254.820	114.84**	.001
-3	REPETICIONES	3	6.66	2.219		

4	TRATAMIENTOS	14	211.19	15.085	7.73**	.000
5	INTERACCION	28	50.68	1.810	0.93	
-7	ERROR	42	81.91	1.950		

C.V. = 30.54%

MEDIA = .2719684

DMS = 1.6293823

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

**CUADRO 3.36 Análisis de varianza para Manitol en sus tres concentraciones para la variable tallo.**

COD	FUENTE	GL	SC	CM	FC	F-TAB
1	REACTIVOS	2	386.89	193.4432	652.98**	.000
-3	REPETICIONES	3	0.22	0.073		
4	TRATAMIENTOS	14	54.66	3.905	8.29**	.000
5	INTERACCION	28	33.82	1.208	2.57	.002
-7	ERROR	42	19.77	1.471		

C.V. = 29.84%

MEDIA = 4.930029e-02

DMS = 1.4151811

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

**CUADRO 3.37 Clasificación de las medias de cada genotipo, en las tres concentraciones con Manitol, para la variable raíz, mediante la prueba de Tukey.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
8	TEP 94-95 2903 # PAP	0.82	A
5	TEP 94-95 3001 # PAP	0.53	A
12	TEP 94-95 2907 # PAP	0.45	A
13	TEP 94-95 2908 # PAP	0.40	A
6	TEP 94-95 2901 # PAP	0.35	A
2	TEP 94-95 3017 # PAP	0.32	A
14	TEP 94-95 2911 # PAP	0.25	A
7	TEP 94-95 2902 # PAP	0.20	A
10	TEP 94-95 2905 # PAP	0.15	A
11	TEP 94-95 2906 # PAP	0.11	A
9	TEP 94-95 2904 # PAP	0.03	A
15	TEP 94-95 2912 # PAP	0.00	A
3	TEP 94-95 3012 # PAP	0.00	A
4	TEP 94-95 3003 # PAP	0.00	A
1	TEP 94-95 3020 # PAP	0.00	A

**TUKEY = 5.8682**

El mejor genotipo observado fue el número 5, seguido por los números 8, 2, y 7; el 6, 11, 13, 10, 12, 14, 3, 15, 9, resultaron estadísticamente iguales, el genotipo 4 constituye solo otro grupo y el número 1 formó una última clasificación.

**CUADRO 3.38 Clasificación de las medias de los genotipos, en cuanto a la variable tallo para Manitol, en sus tres concentraciones mediante la prueba de Tukey.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
5	TEP 94-95 3001 # PAP	4.47	A
8	TEP 94-95 2903 # PAP	4.26	AB
2	TEP 94-95 3017 # PAP	3.80	AB

7	TEP 94-95 2902 # PAP	3.76	ABC
6	TEP 94-95 2901 # PAP	3.69	ABC
11	TEP 94-95 2906 # PAP	2.91	ABC
13	TEP 94-95 2908 # PAP	2.90	ABC
10	TEP 94-95 2905 # PAP	2.83	ABC
12	TEP 94-95 2907 # PAP	2.69	ABC
14	TEP 94-95 2911 # PAP	2.18	ABC
3	TEP 94-95 3012 # PAP	1.84	ABC
15	TEP 94-95 2912 # PAP	1.83	ABC
9	TEP 94-95 2904 # PAP	1.73	ABC
4	TEP 94-95 3003 # PAP	1.39	BC
1	TEP 94-95 3020 # PAP	0.85	C

**TUKEY = 2.8840**

### **PARA POLIETILENGLICOL**

En el análisis de varianza para observar el comportamiento de las líneas en las tres diferentes concentraciones (-2, -4, y -6 bar) con el Polietilenglicol, se concluye que:

Existe una alta significancia en el uso de las concentraciones, por lo que esto influye en el desarrollo de la raíz y tallo; además, esto implica que cada una de las concentraciones de Polietilenglicol, tienen diferentes efectos sobre la germinación de la semilla y desarrollo de plántula.

Se encontró también, una alta significancia entre las líneas en estudio, como se muestran en las tablas de análisis de varianza del Polietilenglicol, Cuadros 3.39 y 3.40 en sus tres concentraciones, tanto para la raíz como para tallo.

Para estimar la concentración óptima de este reactivo, para la evaluación de materiales tolerantes a sequía en el laboratorio, se puede indicar

que la mejor concentración fue la de -4 bars, debido a la variación que presentaron las medias de las líneas, así como la formación de un número mayor de grupos estadísticamente diferentes, con las medias de los genotipos tratados en esta investigación para las tres concentraciones, como se muestran en los cuadros 3.41 y 3.42.

**CUADRO 3.39 Análisis de varianza para Polietilenglicol en sus tres concentraciones para la variable raíz.**

COD	FUENTE	GL	SC	CM	FC	F-TAB
1	REACTIVOS	2	201.44	100.720	13.45**	.000
-3	REPETICIONES	3	22.47	7.491		
4	TRATAMIENTOS	14	243.38	17.384	15.23**	.000
5	INTERACCION	28	75.17	2.685	2.35	.005
-7	ERROR	42	47.94	1.141		

C.V. = 239.28%

MEDIA = .499687

DMS = 1.2463744

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

**CUADRO 3.40 Análisis de varianza para Polietilenglicol en sus tres concentraciones para la variable tallo**

COD	FUENTE	GL	SC	CM	FC	F-TAB
1	REACTIVOS	2	233.70	116.851	55.11**	.004
-3	REPETICIONES	3	6.36	2.120		
4	TRATAMIENTOS	14	113.19	8.085	10.50**	.000
5	INTERACCION	28	72.15	2.577	3.35	.000
-7	ERROR	42	32.33	0.770		

C.V. = 32.59%  
MEDIA = .265847  
DMS = 1.0238847  
\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01  
\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05  
NS NO SIGNIFICATIVO

Se encontró que la mejor línea fue el genotipo 8; los genotipos 6, 5, 12, 7, 13, 11, 9, 10, 2, 14, 15 y 3 formaron un segundo grupo estadísticamente igual; mientras que los genotipos 1 y 4 formaron un último grupo.

Al observar el comportamiento de las líneas en cuanto a la variable tallo, en las tres concentraciones del reactivo Polietilenglicol, se encontró que todas fueron buenas estadísticamente, por lo que fue necesario realizarles la diferencia mínima significativa (DMS). Como se observa en el cuadro 3.47.

En la prueba DMS se observa que; la mejor línea comportada fue el genotipo número 6, los genotipos 5, 11, 2, 7, 8, 12, 10, 15, 9, 14, 13, 3, y 4 formaron un grupo estadísticamente igual y el número 1, constituyó un último grupo.

Por los resultados anteriores, se puede definir al Manitol como el mejor reactivo utilizado en comparación con el Polientilen Glicol, en la selección de genotipos tolerantes a sequía en el presente trabajo.

Trill, et al. (1979), mencionan que el Manitol y el Polietilenglicol, han sido los más ampliamente utilizados por ser inertes químicamente, simulan la sequía y no penetran a la semilla por su alto peso molecular.

**CUADRO 3.41 Clasificación del comportamiento de las medias, para las tres concentraciones de Polietilenglicol, para la variable raíz mediante Tukey.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
8	TEP 94-95 2903 # PAP	7.33	A
6	TEP 94-95 2901 # PAP	6.25	AB
5	TEP 94-95 3001 # PAP	5.94	AB
12	TEP 94-95 2907 # PAP	5.60	AB
7	TEP 94-95 2902 # PAP	5.40	AB
13	TEP 94-95 2908 # PAP	5.32	AB
11	TEP 94-95 2906 # PAP	5.27	AB
9	TEP 94-95 2904 # PAP	4.87	AB
10	TEP 94-95 2905 # PAP	4.61	AB
2	TEP 94-95 3017 # PAP	4.42	AB
14	TEP 94-95 2911 # PAP	3.47	AB
15	TEP 94-95 2912 # PAP	3.31	AB
3	TEP 94-95 3012 # PAP	3.07	AB
1	TEP 94-95 3020 # PAP	1.89	B
4	TEP 94-95 3003 # PAP	1.79	B

**TUKEY = 4.4888**

**CUADRO 3.42 Clasificación de las medias de los genotipos, para las tres concentraciones de Polietilenglicol, en la variable tallo mediante Tukey.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
6	TEP 94-95 2901 # PAP	3.71	A
5	TEP 94-95 3001 # PAP	3.49	A
11	TEP 94-95 2906 # PAP	3.13	A
2	TEP 94-95 3017 # PAP	2.08	A
7	TEP 94-95 2902 # PAP	2.79	A
8	TEP 94-95 2903 # PAP	2.70	A
12	TEP 94-95 2907 # PAP	2.35	A
10	TEP 94-95 2905 # PAP	2.21	A

15	TEP 94-95 2912 # PAP	1.95	A
9	TEP 94-95 2904 # PAP	1.75	A
14	TEP 94-95 2911 # PAP	1.69	A
13	TEP 94-95 2908 # PAP	1.64	A
3	TEP 94-95 3012 # PAP	1.46	A
4	TEP 94-95 3003 # PAP	1.44	A
1	TEP 94-95 3020 # PAP	1.21	A

**TUKEY = 3.6875**

**CUADRO 3.43 Clasificación de las medias de acuerdo a la diferencia mínima significativa de Duncan para la variable tallo.**

GENOTIPO	ORIGEN	MEDIA	CLASIFICACIÓN
6	TEP 94-95 2901 # PAP	3.71	A
5	TEP 94-95 3001 # PAP	3.49	AB
11	TEP 94-95 2906 # PAP	3.13	AB
2	TEP 94-95 3017 # PAP	2.08	AB
7	TEP 94-95 2902 # PAP	2.79	AB
8	TEP 94-95 2903 # PAP	2.70	AB
12	TEP 94-95 2907 # PAP	2.35	AB
10	TEP 94-95 2905 # PAP	2.21	AB
15	TEP 94-95 2912 # PAP	1.95	AB
9	TEP 94-95 2904 # PAP	1.75	AB
14	TEP 94-95 2911 # PAP	1.69	AB
13	TEP 94-95 2908 # PAP	1.64	AB
3	TEP 94-95 3012 # PAP	1.46	AB
4	TEP 94-95 3003 # PAP	1.44	AB
1	TEP 94-95 3020 # PAP	1.21	B

**TUKEY = 2.3734**

## ANÁLISIS DE VARIANZA GENERAL

Con los resultados del análisis de varianza combinado general; para los dos reactivos, las tres concentraciones, las dos repeticiones, los 15 genotipos así como para las variables de raíz y tallo, de todos los datos obtenidos en el laboratorio, se muestran en los cuadros 3.48 y 3.49 de los análisis de varianza tanto para raíz y para tallo.

Se pudieron observar los siguientes resultados:

Existe una alta significancia entre los dos reactivos utilizados, para simular los efectos de la sequía en la germinación y desarrollo de las semillas de Maíz, esto quiere decir; que los productos se comportan de diferente forma, debido a su diferente base química, mientras que el Manitol es un alcohol hexahidroxilico, el Polietilenglicol es un derivado del petróleo, por lo tanto, las líneas responden de diferente manera al ser sometidas a cada reactivo.

**CUADRO 3.44 Análisis de varianza combinado general para la variable raíz.**

COD	FUENTE	GL	SC	CM	FC	F-TAB
1	REACTIVOS	1	6.92	6.921	5.65**	.019
3	CONC./REACT.	4	620.59	155.147	120.76**	.000
4	REPETICIONES	1	1.66	1.662	1.36**	.246
5	REACT. X REP.	1	1.50	1.497	1.22**	.271
7	CONC/REP/REAC	4	3.42	0.850	0.70	
8	TRATAMIENTOS	14	152.54	10.896	8.90**	.000
9	REAC. X TRAT	14	15.31	1.094	0.89	
12	REPET X TRAT	14	16.40	1.172	0.96	
13	REAC/TRAT	14	4.58	0.327	0.27	
-15	ERROR	112	137.08	1.224		

C.V. = 44.33%

MEDIA = .147319

DMS = .8942939

\*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01

\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05

NS NO SIGNIFICATIVO

También muestra que existe una alta significancia entre las concentraciones utilizadas, comportándose de una manera diferente en cada reactivo, tanto para Manitol y para Polietilenglicol; esto se debe a que a mayor presión osmótica, mayor es la dificultad que tiene la semilla de absorber el agua del medio. Lo que hace necesario, definir la concentración óptima para la selección de materiales tolerantes a sequía, de cada uno de los reactivos utilizados en la presente investigación.

**CUADRO 3.45 Análisis de varianza combinado general para la variable tallo.**

COD	FUENTE	GL	SC	CM	FC	F-TAB
1	REACTIVOS	1	0.01	0.012	0.01	
3	CONC./REACT.	4	711.770	177.770	91.01**	.000
4	REPETICIONES	1	1.83	1.832	0.94	
5	REACT. X REP.	1	8.54	8.537	4.37**	.038
7	CONC/REP/REAC	4	18.76	4.690	2.40**	.054
8	TRATAMIENTOS	14	426.67	30.476	15.60**	.000
9	REAC. X TRAT	14	27.90	1.993	1.02**	.438
12	REPET X TRAT	14	23.62	1.687	0.86	
13	REAC/TRAT	14	13.32	0.951	0.49	
-15	ERROR	112	218.77	1.953		

C.V. = 30.518%

MEDIA = .1166173

DMS = 1.1296416

- \*\* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.01
- \* SIGNIFICATIVO AL NIVEL 0.05
- NS NO SIGNIFICATIVO

Los resultados mostraron que la concentración óptima para el Manitol, fue la de -5 bars de presión osmótica. Mientras que para el Polietilenglicol, fue la de -5 bars. Esto tomando en base a los grupos estadísticos que se formaron en cada concentración, es decir; se eligió aquella que diferenció o realizó más grupos.

Existe además una alta significancia entre las propias líneas, esto quiere decir; que por lo menos una línea es diferente al resto de las demás debido a su constitución genética, lo que nos permite seleccionar la mejor línea de las evaluadas. Aquella que posea la mayor resistencia a la sequía según los resultados obtenidos.

Entre los materiales evaluados en la investigación sobresalen dos; los genotipos 8 de origen TEP 94-95 2903 # PAP y el genotipo 5 de origen TEP 94-95 3001 # PAP.

Al efectuar las correlaciones de las medias entre las presiones osmóticas menores, medias y altas de cada reactivo, los resultados arrojan que existe una significancia y una alta significancia tanto en el desarrollo de raíz como en el desarrollo del tallo. Lo que infiere que cada producto lleva a cabo de semejante forma, la selección de los materiales; Siendo el Manitol el mejor producto para este fin, seguido por el Polietilenglicol. Cuadro 3.50.

**CUADRO 3.46 Coeficiente de correlación y significancia de raíz y tallo.**

RAIZ	TALLO
R(1,4) 0.5630329 *	R(1,4) 0.5288157 *
R(2,5) 0.7851505 **	R(2,5) 0.8913003 **
R(3,6) 0.5818636 *	R(3,6) 0.7432637 **

#### VARIABLES

- 1 Raíz y tallo en Manitol a - 5 bars
  - 2 Raíz y tallo en Manitol a - 7.5 bars
  - 3 Raíz y tallo en Manitol a - 105 bars
  - 4 Raíz y tallo en PEG a - 2 bars
  - 5 Raíz y tallo en PEG a - 4 bars
  - 6 Raíz y tallo en PEG a - 6 bars
- 

NS No significancia

\* Correlación significativa

\*\* Correlación de alta significancia

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al observar los resultados de la presente investigación, podemos decir que el análisis se llevó a cabo en tres partes:

- Análisis de varianza individual para cada una de las concentraciones evaluadas, de cada reactivo.
- Análisis de varianza para cada reactivo utilizado en el experimento, en sus tres concentraciones.
- Análisis de varianza combinado general.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se concluye que:

Es factible y confiable la utilización del Manitol en primer lugar y luego el Polietilenglicol, como inductores de condiciones de sequía en el laboratorio, para seleccionar a los genotipos de Maíz que muestren mayor tolerancia.

Las diferentes concentraciones utilizadas en la selección de líneas tolerantes a sequia, permiten concluir que estas influyen en el comportamiento de los diferentes genotipos, por lo que se debe de utilizar la concentración óptima; que en el caso del Manitol fue de -5 bar de presión y para el Polietilenglicol fue de -4 bars de presión, para la selección de genotipos de Maíz en condiciones simuladas de sequía en el laboratorio.

Los genotipos mostraron tener diferencias genéticas entre ellos, por lo que se pudieron identificar aquellos que resultaron más sobresalientes ante las condiciones simuladas de sequía.

Estos genotipos fueron las líneas 8 y 5 de orígenes TEP 94-95 2903 # PAP y TEP 94-95 3001 # PAP, respectivamente.

## LITERATURA CITADA

- Basile, Rober M., 1954. Droughy inrelation to corn yield in northwestern corner of the corn belt Agron. Jour. 46:4-7.
- Berman B., H Daniel Ginzo y Alberto Soriano. 1971. Ecofisiología del maíz en el estudio de las relaciones entre la economía del agua y el crecimiento en plantas de Maíz con riego y sin riego. México.
- Bermudez C., F. A. Estrada G. y F. Castillo G. 1984. Germinacion bajo presión osmótica alta en genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Muech.), seleccionados en pruebas de campo. Rev. Chapingo 9(43-44): 117-123. México.
- Deanmead, O.T. and R. H. Shaw, 1960. The effects of soils moisture stress at different stages of growth an development and yield of corn. Agron. Jour.
- 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.
- Giesbrecht, J. 1969. Effect of population an row spacing on the performance of four corn hybrids. Agr. Jour. 61: 439-441.
- Gutiérrez, L. C. 1966, Ingeniería bioquímica (traducción). Editorial Limusa, México P. 9-140.
- Haynes, J. L., 1984, the effect of avialability of soils moisture upon vegetative growth and wáter use in corn. Jour. Amer. Soc. Agron. 40: 385-395.
- Hernández, F. R., 1981, Alternativas para el mejoramiento de los ecosistemas del Maíz y Frijol de temporal en el estado de Zacatecas. Tesis de Licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Hurd, E. A. 1975. In symposium of plant modification for more effective wáter use. USA. Agric. Metereology 14: 39.55.

- JUgenheimer, R. W. Maíz. 1981. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa, México P. 274-284.
- Kramer, P. M. 1980. Drought stress and origen adaptations in: adaptation of plant to wáter and hogh temperatura stress (Ed.) N. C. Turner and P. J. Kramer, Wiley. New York, USA.
- Mcperson, H. G. and J. S. Boyer 1977. Regulation on grain yield by fotosintesis in maize subjet to wáter deficiency. Agron. J.
- Montgomery y Kissisbach. 1958. Studies in wáter requeriments of corn. Nebraska, Agr. Exp. Sta Bull. 128 vol. 24.
- Muñoz O. A. y J. Ortiz, 1971 Problemas de mejoramiento de la producción bajo sequía en Maíz, resúmenes de IV congreso Mexicano de Fitogénetica, Sociedad Mexicana de Fitogénetica de Chapingo, México.
- Murthy S. K. Y S. S. 1971. Nathan. Química orgánica simplificada. Compañía de ediciones, S. A. México, D. F. P. 62.
- Richards, L. A. and Wadleigh, C. H., 1952. Soil wáter and plant growth. Chap. 3. Soil Physical conditions and plant growth. Academic press inc., New York, USA.
- Rivera, G. M. 1958. Evaluacion de metodologías para seleccionar genotipos de maíz tolerantes a sequía. Tesis de Maestria. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Robles, S. R. 1982. Producción de granos y forrajes Editorial Limusa., México P. 9-140.
- Rodríguez, Q., J. L. 1989. Selección in Vitro de genotipos de Maíz (*Zea mays* L.) resistentes a sequía. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Slyter, R. O. 1967. "Plant wáter relationships", Academica press Inc., New York, USA.
- Snider, H. J. 1946. Chemical composition of lay and forge crops. Ill. Agr. Exp. Sta. Bull. 518.

- Soriano, A. and E. Montaldi R. 1980. Relaciones hídricas. Fisiología vegetal. Ed. Hemisferio sur. Buenos Aires, República de Argentina.
- Tapia, C. R. and E. M. Schmutz. 1970. Germination response of three desert grasses to moisture stress and light. USA. J. Range management 24:292:295.
- Trill, D. C., R. O. Schirman y A. P. Appley. 1979. Osmotic Stability of Mannitol and Polyethylene glicol 20000 solutions used as seed germination. Media. Agron. J. 71: 105-109.
- Whvits, R. 1946. Efecct of osmotic pressure on wáter absoption and germination of alfalfa seed. USA. Amer. J. Bot. 33:278-295.