

Genotipos de Maíz tolerantes a sanidad, un estudio preliminar para iniciar un programa de selección

NOÉ MUSITO RAMÍREZ

TESIS

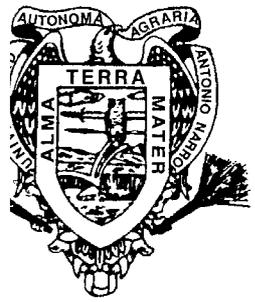
Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO

Universidad Autónoma
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México
Octubre de 2003

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

*Genotipos de Maíz tolerantes a salinidad, un estudio preliminar
para iniciar un programa de selección*

TESIS

Por:

NOÉ MUSITO RAMÍREZ

**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y
aprobada como requisito parcial para optar al grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO**

COMITE PARTICULAR

Asesor Principal:



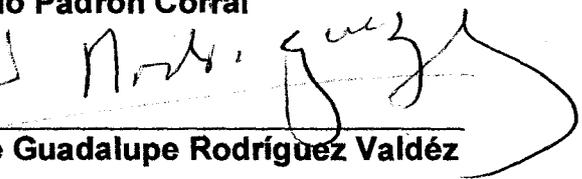
M. C. María Cristina Vega Sánchez

Asesor:

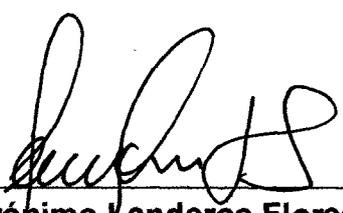


M. C. Emilio Padrón Corral

Asesor:



M. C. José Guadalupe Rodríguez Valdéz



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Octubre de 2003

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por brindarme ese gran apoyo que me ha permitido formarme profesionalmente.

A la M. C. Ma. Cristina Vega Sánchez por su apoyo y asesoramiento para la realización de este trabajo, pero sobre todo, por su confianza y ánimo que me motivaron en mis estudios.

Al M. C. José Guadalupe Rodríguez Valdéz por la revisión de este trabajo de investigación.

Al M. C. Emilio Padrón Corrar por sus sugerencias y asesoramiento.

Al Dr. Alfredo de la Rosa Loera, por su invaluable y desinteresada ayuda que me brindó para la realización del presente trabajo.

Al Ing. José Angel de la Cruz Bretón quien siempre me impulsó en mis estudios y en el trabajo.

Al ing. Humberto de León Castillo por su atención en mis tareas y por sus consejos.

DEDICATORIA

A Alfredo de la Rosa Loera: por tu generosidad y bondad presentes en esa seria apariencia de carácter gruñón, que al descubrirlas se sabe que es un amigo.

A Jesús Rodríguez de la Paz: por tu loca, animadora e inmensa alegría contagiante manifiesta en ese noble aspecto capaz de vencer y lograrlo todo.

A Alberto Montesinos Cruz: por tu humildad y sencillez envidiables y por esa gran confianza que inspiras tan visibles en tu aparente actitud ingenua que hacen perfeccionar al ser.

A Eduardo Musito Ramírez: por tu oculta pero perceptible paz interna tan poderosa que se siente y no se necesita expresar.

A Bernardo Romero Ramírez: por tu actitud noble y sencilla que siempre muestras en ese alegre y vacilador reflejo de incredulidad.

A Roberto Dorantes: por tu generosidad, por tus consejos y preocupación que exhibes ante esa noble apariencia “rollera”.

A Juan José Torres Morales: por tus gestos nobles y bondadosos, por tus experiencias compartidas, por tus palabras alentadoras que siempre muestras en tu aspecto modesto.

A David Sánchez Aspeytia y a Edgar Ivan Robledo Gonzáles: por su confianza y motivación que saben brindar cuando más se les necesita.

“A todos ustedes, y a los que no menciono pero que están bien presentes en mi corazón, porque sus actitudes en este tiempo han sido tantas y tales a tal grado que si algún día ustedes decidieran, en algún momento de locura, saltar de la montaña más alta, yo no saltaría con ustedes; los esperaría abajo para agarrarlos”.

DEDICATORIA ESPECIAL

A MI MAMÁ HERIBERTA RAMÍREZ URZÚA:

Porque siempre me has cuidado y nunca desviado tu atención hacia mi y mis hermanos, cuando pequeños e indefensos éramos, aún con todos tus sufrimientos, tu duro trabajo, tus desvelos, tus preocupaciones y angustias que son nada porque tu superas facilmente con ese inmenso amor, con la fe y la esperanza; porque de pequeño siempre me diste consuelo y alivio en tus brazos, recuerdo bien tus sencillas palabras de inmensa sabiduría, de aliento y de seguridad. La paciencia, la fortaleza y la bondad los aprendí de ti. En tu presencia mis tristezas, mis temores y mi dolor desaparecen. Me has enseñado el verdadero sentido de la vida.

Por todos tus sacrificios, no hay en la tierra el premio que tu mereces, solo Dios puede entregártelo.

GRACIAS DIOS POR DARME ÉSE ÁNGEL QUE ES MI MAMÁ

A MI PAPÁ VIDAL MUSITO TORÍZ:

Aun sobre todas las cosas, te estoy inmensamente agradecido, tu trabajo ha sido duro y difícil en la vida, pero has perseverado y luchado sin quejas.

A MIS HERMANOS:

Marielena	José
Reina	Eduardo
Benigno	Laura
Eulalio	Gregorio
Guadalupe	Arturo
Alejandra	Ethel

A todos ustedes que aún en la distancia, en su ausencia física, siempre están cerca de mi, en mi pensamiento y en mi corazón, animándome siempre con sólo pensar en ustedes, admiro sus actitudes de tenacidad, humildad y fortaleza que me servirán por siempre para seguir con alegría y paz en la vida.

COMPENDIO

GENOTIPOS DE MAÍZ TOLERANTES A SALINIDAD, UN ESTUDIO PRELIMINAR PARA INICIAR UN PROGRAMA DE MAÍZ.

POR:

NOÉ MUSITO RAMÍREZ

MAESTRÍA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. SEPTIEMBRE DE 2003

M. C. Ma. Cristina Vega Sánchez – Asesor

Palabras Clave: *Zea mays* L, rendimiento, salinidad, radícula, plántula.

El objetivo del presente estudio fue identificar genotipos de maíz tolerantes a la salinidad mediante la evaluación de caracteres agronómicos en campo y laboratorio. El experimento de campo se realizó en el ciclo primavera-verano de 2002 en la localidad de Navidad, Nuevo León., bajo condiciones de riego. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con seis repeticiones

2 mostraron buen comportamiento. Por lo que respecta a las demás variables, cabe señalar que la altura de planta se redujo debido al efecto de las sales en tanto que, los días a floración tanto femenina como masculina se retardaron por un efecto de temperatura mas que por la salinidad la cual tiende a acelerar la floración.

En laboratorio, los análisis de varianza para longitud de radícula y plántula mostraron diferencias significativas para las fuentes genotipos, dosis e interacción; los coeficientes de variación para ambas variables fueron de 30.08 y 28.81 por ciento, respectivamente; estos coeficientes se debieron probablemente al estrés salino causado por el tiempo de exposición de la semilla hasta su germinación. El genotipo AN-447 (testigo) fue el que obtuvo mejor longitud radicular y de plántula en la mayoría de los niveles de salinidad.

El análisis foliar de los genotipos de campo señaló que, en general, los genotipos exhibieron deficiencia de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en tanto que, el contenido de calcio, magnesio y azufre fue alto, dando una idea de que los genotipos tienen la habilidad para usar eficientemente los elementos para amortiguar los efectos de la salinidad.

ABSTRACT**MAIZ GENOTYPES TOLERANT TO SALINITY, A PRELIMINARY
STUDY TO BEGIN A SELECTION PROGRAM**

BY

NOE MUSITO RAMIREZ

MASTER OF SCIENCE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO COAH., MEXICO, OCTOBER 2003

M. C. Ma. Cristina Vega Sánchez – Advisor

Keywords: *Zea mays* L., yield, salinity, root, seedling.

The objective of the present research was to identify genotypes of maize tolerant to salinity by means the evaluation of agronomics characteres in field and laboratory. The field expermient was carried out in the cycle spring – summer 2002 in the location of Navidad, Nuevo Leon., under watering conditions. A randomized complete blocks design was used with six replications, being measured the following variables: yield, plant height, ear heigth, days to female flowering, days to male flowering in 14 genotypes wich coming from populations that in preliminary studies exhibited good behavior in soils with salinity, in the same genotypes were taken

foliar samples at moment of appearance of the leaf flag in the immediate leaf to the main ear for it determined the content of elements.

In laboratory, 13 genotypes were evaluated (genotype 8 wasn't evaluated) in five solutions of salinity (0, 3, 6, 9 y 12 decisiemens), this solutions were obtained in the laboratory of soils of the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro with the mixture of sodium and chloride, the experimental design consisted in randomized complete with factorial arrangement and three replications, being evaluated root longitude and seedling longitude to the twenty days after the seedplant carried out in petri boxes.

The variance analyses for the variables in field showed significant differences to 1 percent in the source genotypes indicating with it the variation in their genetic constitution. For the blocks source only the variable plant heigth didn't show significancia , the rest of them showed highly significancia suggesting a variation of the soil.

The test DMS (0.01) for yield considers to the genotypes 1 and 2 like statistically similar with yields average of 6964.3 and 6619.5 kg ha⁻¹, respectively; overcoming the witness AN-447 (6619.5 kg ha⁻¹) wich is potentially productive but it doesn't to saline conditions where genotypes 1 and 2 showed good behavior. Regarding the other variables, it is necessary to point out that plant height decreased due to the effect of salts, as lon g as, days to female and male flowering were slowed by an effect of temperature but that for the salinity wich spreads to alerate the flowering.

In laboratory, the variance analyses for root and plantula longitude showed significant differences for the sources genotypes, dose and interaction, the variation

coefficients for both variables were of 30.08 and 28.81 percent respectively; these coefficients were probably owed to the saline stresses caused by the time of exhibition of the seed until their germination. The genotype AN-447 (check) the one that obtained better root and plant longitude in most of the levels of salinity.

The foliar analyses of the field genotypes point out that, in general, the genotypes exhibited deficiency of Nitrogen, Phosphorus and potassium as long as, the content of calcium, magnesium and sulfur was high, suggesting that genotypes have ability to using efficiently elements to muffle the effect of the salinity.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Salinidad de suelos y aguas.....	4
Mecanismos de tolerancia de las plantas a la salinidad.....	6
Efectos de la salinidad en los cultivos.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
Localización del área de estudio.....	20
Características de la localidad.....	20
Procedimiento experimental de campo.....	23
Metodología.....	23
Prácticas culturales.....	23
Análisis foliar.....	24
Variables estudiadas.....	24
Diseño experimental.....	27
Procedimiento experimental de laboratorio.....	28
Metodología.....	28
Variables analizadas.....	28
Diseño experimental.....	29
Análisis de correlación.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
Resultados de campo.....	31
Resultados de laboratorio.....	35
Longitud de radícula.....	36
Longitud de plántula.....	38
Análisis foliar de campo.....	41
CONCLUSIONES.....	45
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
RESUMEN.....	47
LITERATURA CITADA.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Pag.
3.1 Material genético evaluado en la localidad de Navidad, Nuevo León.....	19
3.2 Resultados de un análisis químico de agua de riego en Navidad, Nuevo León, realizado en 1995.....	21
3.3 Resultados de un análisis de suelos de la localidad de Navidad, Nuevo León, realizado en el año de 1995.....	22
4.1 Cuadrados medios y significancia para las variables bajo estudio.....	31
4.2 Prueba DMS al 1% para las variables estudiadas.....	32
4.3 Prueba de comparación de medias (DMS al 1%) para rendimiento.....	33
4.4 Cuadrados medios y significancia para longitud de radícula y plántula.....	35
4.5 Medias de longitud de radícula y plántula para 13 genotipos.....	40
4.6 Coeficiente de correlación para las variables longitud de radícula y longitud de plántula.....	41
4.7 Nivel de suficiencia de elementos en 14 genotipos de maíz.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.	Pag.
4.1 Longitud radicular de 13 genotipos en cinco niveles de salinidad.....	36
4.2 Longitud de plántula para 13 genotipos en cinco niveles de salinidad.....	38

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de alimentos en el país, requiere reunir esfuerzos para tratar de satisfacerla, una forma para incrementar la producción agrícola es mediante la obtención de genotipos altamente rendidores por unidad de superficie que respondan adecuadamente a las condiciones de fertilización, riego y tolerancia a plagas y enfermedades; otra forma es incrementando la superficie cultivada, esto se puede lograr mediante la obtención de genotipos que sean capaces de responder a las condiciones adversas tales como la sequía y la salinidad, que son principalmente los factores presentes en grandes extensiones de terreno en donde es difícil producir.

Respecto al maíz que es uno de los granos de mayor importancia en la alimentación humana, constituye el alimento más importante de la dieta de los mexicanos, sobre todo de aquellos de menores ingresos. En la última década, México se ha convertido en fuerte importador de este grano, a pesar de la gran diversidad genética de este cultivo.

Un problema que merece ser atendido debido a su importancia son las extensas regiones áridas y semiáridas donde las condiciones climáticas favorecen el ensalitramiento de suelos y aguas, lo que afecta de manera directa al metabolismo de la planta reduciendo considerablemente la productividad y además, propicia el abandono de tierras destinadas a la agricultura. De esta manera, se han propuesto

formas para contrarrestar tal efecto, una es cambiando el ambiente de salinidad mediante prácticas agronómicas para dar las condiciones favorables necesarias a la planta para su desarrollo, pero esto resulta costoso al producir maíz; otra forma, probablemente la más factible, es cambiando a la planta genéticamente para lograr en ella cierta adaptabilidad a las condiciones de estrés salino.

En la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el Instituto Mexicano del Maíz (IMM) en su programa de mejoramiento genético, cuenta con poblaciones que en evaluaciones preliminares han respondido satisfactoriamente al ser cultivadas en suelos con fuertes problemas de salinidad.

Por todo lo anterior, en el presente trabajo se pretende identificar genotipos de maíz tolerantes a las condiciones salinas del suelo, con lo cual se espera un mejor aprovechamiento de las escasas lluvias, aprovechar eficientemente la agricultura de riego y la apertura de nuevas tierras a la agricultura, lo que de manera directa incrementará la producción nacional de este grano.

Bajo esta premisa se planteó el siguiente:

Objetivo general

- Mediante la evaluación en campo y laboratorio, identificar genotipos de maíz tolerantes a condiciones de salinidad.

Objetivos específicos

- Identificar en campo mecanismos de la planta asociados a la tolerancia a salinidad, a través de la medición de una serie de caracteres agronómicos y morfológicos de planta y mazorca.
- Determinar en laboratorio la respuesta de genotipos bajo condiciones simuladas de salinidad a diferentes concentraciones.

Hipótesis

- La tolerancia a la salinidad en plantas de maíz puede ser determinada en campo o en laboratorio, mediante el estudio y análisis de ciertos caracteres agronómicos.

REVISION DE LITERATURA

Salinidad de suelos y aguas

La salinidad es un estrés ambiental que limita el crecimiento y desarrollo de las plantas. La respuesta de las plantas a excesos de NaCl es complejo e involucra cambios en su morfología, fisiología y metabolismo (Hilal *et al.* 1998).

A nivel mundial existen 952 062 000 de hectáreas ensalitradas en diferentes grados, ocupando el 39% de la superficie total de las regiones áridas y semiáridas del mundo (Szabolcs, 1979).

El ensalitramiento de los suelos es el proceso de acumulación de sales solubles, sodio intercambiable y otros elementos, ya sea en solución del suelo como el complejo de intercambio, a ciertas concentraciones que afectan el desarrollo de las plantas (Aceves, 1979).

Las sales se originan de la meteorización de minerales y rocas (ígneas, metamórficas y sedimentarias) que constituyen la corteza terrestre (Pizarro, 1985).

Los suelos ensalitrados se encuentran en localidades que reciben sales de otras partes, siendo el factor principal el acarreo (USDA, 1987).

La presencia de sales en aguas superficiales se debe a la naturaleza química de los suelos por los que corre; mientras que las subterráneas dependen en su concentración de sales, de la composición de las rocas por las que circula el agua en el subsuelo y corteza terrestre (Lesser, 1987).

La conductividad eléctrica (C. E.) indica los efectos de salinidad sobre las plantas, mientras que el porcentaje de sodio intercambiable (P. S. I.) es un índice de los efectos del sodio sobre las propiedades del suelo; así, un suelo salino tiene C. E. mayor de 4 deciSiemens (dSm^{-1}), P. S. I. menor de 15, un suelo salino - sódico con una C. E. mayor de 4 dSm^{-1} y P. S. I. mayor de 15, y un suelo sódico con una C. E. menor de 4 dSm^{-1} y P. S. I. mayor de 15 (Aceves, 1981).

El exceso de iones se define como la condición en que altas concentraciones de iones internos conducen a una reducción del crecimiento de la planta (Greenway y Munns, 1980).

La clasificación de aguas para riego, que determina la factibilidad de éstas para su uso agrícola, se basa principalmente en: contenido de sales solubles, efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo y el contenido de elementos tóxicos (Aguilera y Martínez, 1986).

En un suelo salino es necesario evacuar el exceso de sales, mientras que un sódico requiere del desplazamiento del sodio intercambiable, para lo cual, existen métodos, físicos, químicos, hidrotécnicos, biológicos y eléctricos (Aceves, 1979).

Un aumento en la presión osmótica de la solución del suelo, puede ocasionar una disminución en la absorción de agua por las raíces, pero, además, se debe tomar en cuenta un factor adicional, que es la tensión de humedad del suelo (atracción de las partículas de suelo sobre el agua) que aumenta cuando el suelo se va secando y la película de agua alrededor de las partículas se va haciendo más delgada. Esta presión negativa es aditiva a la presión osmótica de la solución del suelo en su efecto limitante de la disponibilidad de agua para las raíces de la planta (Lira y Hernández, 1987).

Mecanismos de tolerancia de las plantas a la salinidad

La tolerancia a sales en las plantas puede agruparse en tres categorías: (1) exclusión de la sal seguida por transporte y compartimiento, (2) características morfológicas y distribución de biomasa en tallos y raíces, y (3) eventos fisiológicos y metabólicos que contrarrestan la presencia de sal a nivel celular (Winicov, 1998)

El término halófito es usado específicamente para clasificar plantas que se desarrollan en presencia de altas concentraciones de Na^+ ; las plantas que no pueden desarrollarse en presencia de altas concentraciones de sales son denominadas glicófitas (Levitt, 1980).

De acuerdo con Greenway y Munns (1982), la sensibilidad en las sales en no halófitas puede resultar de: 1) incapacidad en la osmorregulación, la cual puede resultar de una absorción insuficiente de iones o de la carencia de síntesis de solutos orgánicos, que son usados en la ósmosis o 2) daños causados por iones inorgánicos

que son absorbidos por la célula y no son distribuidos en los compartimientos celulares.

La translocación de la sal dentro de la raíz y tallo es una consecuencia de la transpiración para mantener el estado hídrico de la planta y una transpiración no regulada podría causar niveles tóxicos por la acumulación del ión salino en la raíz (Yeo, 1998).

Existen múltiples genes que parecen actuar para incrementar la tolerancia a salinidad y se han reconocido ciertas proteínas involucradas en la protección de un estrés salino (Bohnert y Jensen, 1996).

Jeschke (1976) citado por Staples y Toenniessen (1984), en estudios sobre *Puccinellia*, expresó que el contenido de Na^+ en altas condiciones salinas fue acompañado de un decremento del contenido de K^+ . Asumiendo que mediante la inclusión de Na^+ en la vacuola, el K^+ podría ser recuperado por un intercambio de Na^+ por K^+ , de forma que el retiro de Na^+ , del flujo del xilema, podrá mejorar la recirculación del K^+ en el floema y, por lo tanto, el K^+ podría ser retranslocado a las partes aéreas y los meristemas radiculares, estando así disponible para el crecimiento de la raíz la formación de material celular nuevo.

En años recientes se ha desarrollado la hipótesis de que las vacuolas juegan un papel central en la tolerancia a sales y que la inclusión de Na^+ en las vacuolas y la

retención de K^+ en el citoplasma son factores cruciales para adaptación osmótica (Staples y Toenniessen, 1984).

La exclusión de sales por las células, permite un balance normal en presencia de altas concentraciones de cationes monovalentes, ocasionando una absorción preferencial de Ca^{++} en la membrana plasmática (Levitt, 1980).

El Na^+ puede ser activamente extruído a través del plasmalema, lo que implica evitar el estrés primario causado por el Na^+ y el estrés secundario que induce una deficiencia de K^+ . En algunas halófitas el mecanismo de extrusión se localiza en las glándulas salinas, las cuales se encargan de coleccionar y excretar las sales de las células (Shymony, 1973).

Hasegawa *et al.*, (1986) afirman que varios solutos orgánicos son acumulados en niveles significativos en la adaptación de las células a la sal. Los azúcares y aminoácidos intervienen en la adaptación. Además, Bienzel (1994) cita otros solutos orgánicos, tales como compuestos cuaternarios de amonio (glicinebetaína) y polioles. Los reportes indican que la betaína es sintetizada en los cloroplastos y contribuye sustancialmente al ajuste osmótico del cloroplasto durante el estrés salino y el déficit hídrico.

Se ha encontrado que el contenido de prolina (aminoácido) en las células, aumenta cuando éstas son expuestas al estrés de NaCl. En algunos casos la concentración de prolina aumenta relativamente con el incremento total del contenido

de aminoácido. En las plantas glicófitas y halófitas la acumulación de prolina en las células se debe al estrés del NaCl (Bienzel, 1994). Lo mismo sucede con la mayoría de las plantas halófitas, a altas concentraciones de NaCl aumenta la acumulación de glicinebetaína en las células de la planta (Greenway y Munns, 1980).

En respuesta al descenso del potencial osmótico del agua del suelo causado por la salinidad, las plantas realizan un proceso de osmoregulación (ajuste osmótico) mediante el cual su potencial osmótico también disminuye, lo que conduce al mantenimiento del flujo del agua desde el suelo hasta la raíz (Martínez *et al.*, 1987).

El control osmótico en plantas halófitas se realiza, al parecer, por la acumulación de sustancias orgánicas como almidón, azúcares y prolina. No obstante, otro mecanismo mediante el que estas plantas resisten a la salinidad de su medio, es la exclusión de iones, principalmente de sodio y cloruro . Esto, según Greenway y Munns (1980) parece ser la principal causa de la adaptación de las plantas Halophyticas para tolerar la salinidad.

La iniciación de la actividad fotosintética es un factor en el incremento de la presión osmótica y la tolerancia a la sal (Bernstein y Hayward,1958).

Efectos de la salinidad en los cultivos

El maíz es muy sensible a la salinidad, con una pérdida de 10 por ciento de rendimiento en los suelos en que la conductividad eléctrica supera 2,5 mS/cm. El umbral para la reducción del crecimiento se estima en cerca de 1,7 mS/cm (Cramer, 1994).

Mass *et al.*, (1983) reportan que el maíz es tolerante a la salinidad en la germinación, pero es más sensible en la etapa de plántula que en la maduración o llenado del grano.

Al parecer, el periodo que va de plántula a floración es más sensible a la salinidad que en el estadio de madurez (Lutts *et al.* 1995).

En la expansión de las hojas, la salinidad desequilibra las concentraciones de K (Jeschke y Wolf, 1985) y P (Martínez y Lauchli, 1991).

Hay amplia evidencia sobre la competencia de absorción entre Cl⁻ y NO₃⁻ por la raíz. Sin embargo, no hay evidencia para mostrar que un incremento de N bajo condiciones salinas permita el efecto de tal competencia (Berstein *et al.* 1974).

Los trabajos de Mass (1984) fueron los primeros en señalar la respuesta de los cultivos a la salinidad en la etapa de germinación.

Investigadores han ligado al estrés de Na Cl con la deficiencia de macro nutrientes, por ejemplo altas concentraciones de Na Cl han inducido deficiencia de fósforo y potasio en tomate (Adams, 1988, 1991) y en pepino (Sonneveld y Kreij, 1999).

La salinidad afecta directamente a las plantas en su metabolismo, disponibilidad de agua y toxicidad, mientras que la sodicidad afecta indirectamente por las malas condiciones que provoca en el suelo (Aceves, 1979).

Kaddah y Ghowail (1964) y Pasternak *et al.*, (1985) mencionan que la etapa más sensible del maíz a la salinidad es durante las tres primeras semanas después de la siembra. Durante este periodo sensible, el aligeramiento de la tensión de la salinidad da lugar a un aumento significativo en la resistencia de la sal por este cultivo.

Hay amplia evidencia de la competencia en la absorción de la raíz de las plantas entre Cl^- y NO_3^- [De Wit *et al.* (1963) para arroz; Weigel *et al.* (1973) para frijol; Berstein *et al.* (1974) para algunos cultivos; Kafkafi *et al.* (1982) para jitomate]. Sin embargo, no hay evidencia para mostrar que el incremento en la cantidad de nitrógeno bajo condiciones salinas permita tal efecto de competencia.

Distintos trabajos concluyen que la salinidad limita significativamente el crecimiento del sistema radicular en la colza (Boem *et al.*, 1994), el maíz (Al Khafaf

et al., 1988), el sorgo (Yang *et al.*, 1990), el tomate (Abrisqueta *et al.*, 1991), el trebol (Ab-Shukor *et al.*, 1988), y la cebada (Mozafar y Oertli, 1992). Sin embargo, la cuantificación de dicha reducción no está en general suficientemente precisada, existiendo además importantes discrepancias entre autores.

Bajo concentraciones de fósforo en la planta, el efecto de la salinidad es variable. En algunos casos, los efectos negativos fueron señalados por Champagnol (1979) . Por el contrario, Cerda y Bingham (1978) reportaron un aumento en la producción de jitomate debido a la aplicación de fósforo en todos los niveles de salinidad estudiados. Mientras que Kafkafi (1984) menciona que no hay evidencia con respecto a la competencia de entre $H_2PO_4^-$ y Cl^- en las plantas. Además, porque bajo condiciones salinas el crecimiento de la raíz es limitado, probablemente cantidades mayores de fósforo sean necesarias para proveer la demanda total.

La producción de biomasa es determinada en gran medida por la acumulación de carbón, producto de la fotosíntesis. La fotosíntesis depende de dos componentes: el por ciento de fotosíntesis por área de la hoja y la superficie foliar total fotosintética. La salinidad afecta primeramente la expansión de las hojas, por consiguiente, existe menor área foliar y menor actividad fotosintética, disminuyendo de esta manera la producción de biomasa (Hasegawa *et al.*, 1986).

El contenido de potasio en el tejido de la planta disminuye progresivamente con el aumento de salinidad debido a una absorción más alta de sodio. Tal efecto fue observado por Bernstein *et al.* (1974) y Finck (1976) en trigo; Kaddah y Ghowail

(1964) en maíz; Bierhuizen y Ploegman (1967) y Rush y Epstein (1981) en jitomate; Allison (1964) en frijol y algunas variedades de zanahoria; Patel (1973) en sorgo, maíz, trigo y zacate Sudán; Cheng (1984) en girasol.

Los síntomas más comunes causados por la salinidad en la mayoría de las especies, son la reducción de la altura en su ritmo de crecimiento (Greenway, 1962). Fowler y Hamm (1980) observaron además un adelanto en la fecha de espigado inducido por la salinidad.

La salinidad disminuye el tamaño de estomas, reduce el número de estos y el oscurecimiento del color verde de las hojas (Martínez-Cob *et al.* 1987).

No todas las partes de la planta se ven afectadas por igual. Naturalmente, el desarrollo de las partes aéreas se reduce más que el de la zona radicular (Bower y Tamimi, 1979) y la producción se reduce menos que el crecimiento vegetativo (Ayers, 1952).

La tolerancia a la salinidad en cebada y otras especies, parece implicar procesos de exclusión de sales, por acumulación de sustancias orgánicas en el citoplasma o por estrategias basadas en la capacidad de la planta para acumular sales en sus vacuolas y así disminuir los potenciales osmóticos internos con el fin de mantener el gradiente de potencial osmótico y el potencial de turgencia necesarios para el alargamiento celular (Shannon, 1979).

Investigando el rehúso de agua de drenajes con salinidad, se evaluaron 43 híbridos de trigo y sus progenitores bajo 3 tratamientos salinos (6.0, 7.0 y 14 ds/m) y dos rangos de fertilización nitrogenada. Encontraron que el rendimiento se reduce después de 7 y 14 ds/m. En los años que se efectuó el estudio, la varianza genética fue significativa y la varianza de interacción genotipo por ambiente no fueron significantes, para rendimiento de grano, de biomasa e índice de cosecha. La heredabilidad en sentido amplio fue baja para rendimiento y biomasa y se identificaron algunos genotipos tolerantes a la salinidad moderada (Kelman and Qualset, 1991).

Grive y Mass (1988) iniciaron un estudio para determinar la susceptibilidad del sorgo en varios genotipos a diferentes rangos de concentración de Na y Ca en medios de cultivo y con dos niveles de salinidad, encontrando una gran variabilidad en cuanto a la tolerancia o susceptibilidad a las sales, por lo que recomiendan que la respuesta del sorgo al Ca y Na externo puede servir para que los fitomejoradores desarrollen líneas adecuadas para suelos salinos.

Gill y Dutt (1983) trabajando con cebada y trigo, encontraron que la salinidad incrementó la frecuencia estomatal y disminuyó el tamaño de los estomas, sobre todo en el haz de las hojas reduciendo el poro. Esta variación en la frecuencia estomatal puede ser usada para la selección de cultivares con menor número de estomas.

En experimento con lotes de trigo, Garg (1983) encontró que al reducir los niveles de cloro e incrementar las concentraciones de N, P y K bajo concentraciones

salinas, la clorofila incrementó su concentración, así como la eficiencia enzimática de la hoja.

Abdul (1983) trabajó con el mismo cultivo, pero con sales diferentes ($MgSO_4$, $MgCl_2$ y $NaCl$), encontrando que la salinidad afectó al trigo por efectos osmóticos y antagonismo de nitratos por el cloro.

Por su parte, Mahajan y Sonar (1982) proporcionaron $NaCl$ y Na_2SO_4 en diferentes concentraciones, resultando que en la concentración 2:3 disminuyó la acumulación de materia seca y la toma de N, P y K; con la concentración 3:2 los efectos fueron mayores, indicando que el cloro fue más nocivo que el sulfato.

En general, la germinación, la emergencia y el crecimiento de la plántula son los períodos más críticos de un cultivo. La primera etapa, durante la cual éste se establece, es particularmente difícil, porque las semillas y las plántulas están expuestas a concentraciones más altas de sal que *a posteriori* (Bernstein y Fireman, 1957; Mass y Hoffman, 1977).

En trabajos realizados por Olmedo *et al.* (1991), que consistieron en evaluar ocho variedades de frijol a la tolerancia, concluyeron que las variedades más tolerantes fueron el Negro Puebla, Garrapata, Bayomex y Negro 150, a niveles de 60 meq/l y además se observó que todas las variedades presentaron más acumulación del sodio (Na) en la raíz que en el tallo y en las hojas, dado este patrón de acumulación, se observó que la planta tiende a excluir el Na de la parte aérea bajo dichas

condiciones. Por otra parte, también pudo verse que el ion cloro se acumula en las plantas más sensitivas.

En trabajos realizados para evaluar la tolerancia a la salinidad de la Alfalfa (*Medicago sativa*) (Figuroa *et al.*, 1991) y de la Avena forrajera (*Avena sativa*) (Flores *et al.*, 1991) en la etapa de germinación y plántula, encontraron que en general la etapa de germinación es más afectada que la de plántula.

Ramírez *et al.* (1990) al evaluar diferentes cultivos probando sales combinadas encontraron que las sales simples tienen un efecto diferenciado en la germinación de semillas, además de que se alargan los días para la germinación. Los cultivos evaluados fueron maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), alfalfa (*Medicago sativa*), ajonjolí (*Sesamum indicum*), cártamo (*Carthamus tinctorius*), avena (*Avena sativa*), sorgo (*Sorghum bicolor*), trigo (*Triticum durum*), algodón (*Gossypium spp*), cebada (*Hordeum vulgare*) y salicornia (*Salicornia spp*), se observó además que la germinación de los cultivos no sólo se afectó por la concentración, sino también por la salinidad cualitativa.

Ashraf *et al.* (1986a,1986b) indican que el crecimiento radicular en fases tempranas en condiciones salinas puede ser un buen índice de tolerancia a la salinidad en diversas gramíneas, proponiéndolo como carácter de adaptación a dichas condiciones. Por el contrario, Dalton *et al.* (1997) proponen que una reducción de la

relación sistema radicular / sistema aéreo puede ser beneficioso en condiciones salinas, al disminuir el flujo de sales hacia el sistema aéreo.

Richards (1992) encontró que la relación sistema radicular/sistema aéreo de la cebada disminuía de forma sistemática con la salinidad, y Dalton *et al.* (1997) concluyeron que, en tomate, dicha relación permanecía relativamente constante hasta valores de C_{Ess} (solución de suelo) de alrededor de 10 dS m⁻¹. Por otro lado, Bower y Tamimi (1979) indicaron que las diferencias en ajuste osmótico de las raíces son la causa de las diferencias de tolerancia a la salinidad en los cereales, mientras que Gorham (1992) indica que la causa última de la tolerancia a la salinidad en la cebada como la de otras especies, es desconocida.

Pargas (1999) midió la longitud radicular de diez genotipos de maíz (AN-447, AN-461, AN-445, AN-444, AN-430R, VANLAP-1, VANLAP-2, VANLAP-3, CENTELLA Y H-431) bajo condiciones simuladas de salinidad en laboratorio, obteniendo los siguientes resultados: a 0 dS m⁻¹ el genotipo VANLAP-1 fue superior con una longitud de 20.43 cm.; a un nivel de 2 dS m⁻¹ los genotipos VANLAP-1, AN-447 y AN-461 conformaron el grupo superior con 18.983, 18.46 y 17.83 cm., respectivamente; a 4 dS m⁻¹ el genotipo VANLAP-1 fue superior con una longitud de 19.33 cm de longitud; a 6 dS m⁻¹ el genotipo VANLAP-2 fue superior con una longitud de 17.46 cm; al nivel de 8 dS m⁻¹ el genotipo VANLAP-3 obtuvo 15.00 cm; a 10 dS m⁻¹ los genotipos VANLAP-2 y VANLAP-1 obtuvieron 16.3 y 15.56 cm., respectivamente; y a un nivel de conductividad eléctrica de 14 dS m⁻¹ el genotipo VANLAP-2 con una longitud de 12.13 cm, fue superior a los demás. Concluyendo

con esto que si hubo genotipos que prosperaron en ambientes salinos y que se pudieron identificar tanto en campo como en laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ciclo otoño-invierno del 2001-2002, en la localidad de Villa Hidalgo, Nayarit., se realizaron cruzamientos entre un sintético precoz y de calidad proteínica y líneas S4 derivadas de poblaciones formadas por colectas de sitios con suelos salinos. Para la evaluación se consideraron siete cruzamientos, dos sintéticos y tres variedades con características de tolerancia a salinidad (evaluadas previamente), en comparación con un híbrido comercial de alta producción. La evaluación de los genotipos se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) ubicado en la localidad de Navidad, Nuevo León en el ciclo primavera – verano del 2002 (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Material genético evaluado en la localidad de Navidad, Nuevo León.

GENOTIPO	GENEALOGÍA
1	SPACP* X RELUMBROSO-7-1-2-2-1
2	SPACP X PERLA SAN ISIDRO-35-3-2-1
3	SPACP X PERLA SAN ISIDRO-37-4-2-1
4	SPACP X PERLA SAN ISIDRO-37-5-2-1
5	SPACP X PERLA SAN ISIDRO-55-1-1-2
6	SPACP X PERLA SAN ISIDRO-55-1-1-3
7	SPACP X PERLA SAN ISIDRO-55-1-1-5
8	SINTETICO VANLAP-2
9	SINTETICO VANLAP-3
10	VANLAP-2
11	VANLAP-3
12	VANLAP-4
13	SPACP
14	AN-447

* = Sintético Precoz de Alta Calidad Proteínica

Cuadro 3.2. Resultados de un análisis químico del agua de riego en Navidad, Nuevo León. 1995.

Características	Valor medido	Método
CE mmhos/cm	1.2	Puente de Wheatstone
pH	6.85	Potenciómetro
Ca meq/litro	5.0	Titulación
Mg meq/litro	6.1	Titulación
Na meq/litro	1.02	Titulación
K meq/litro	0.065	Titulación
Bicarbonatos meq/litro	5.1	Titulación
Carbonatos meq/litro	0.1	Titulación
Cloruros meq/litro	4.5	Titulación
Sulfatos meq/litro	1.3	Titulación
Salinidad efectiva meq/litro	5.8	
Salinidad potencial meq/litro	5.9	
Relación de Adsorción de Sodio (RAS)	0.43	

Fuente: Almaraz, A. J. J. 1996.

Suelo. El suelo del lugar es predominantemente de migajón limoso, el pH del lugar es ligeramente alcalino, es decir con pH pocas veces menor al 7.5, el contenido de carbonatos es muy alto, principalmente los de calcio (50 por ciento en esta región) y muy pocas veces carbonatos de sodio, posee bajo contenido de materia orgánica, son pobres en nitrógeno total y en fósforo, con suficiente potasio intercambiable, muy

bajos en fierro aprovechable y magnesio intercambiable, con una capacidad de intercambio catiónico media.

Cuadro 3.3. Resultados de un análisis de suelo de la localidad de Navidad, N. L., realizado en el año de 1995.

Característica	Valor	Método utilizado
Textura	Migajón limoso	Triángulo de texturas
N total	0.1135	Cálculo
P aprovechable kg Ha ⁻¹	33.06	Olsen
K intercambiable kg Ha ⁻¹	795.32	Cobalnitrito de sodio
CO ₃ total %	66	Na OH 1N
M. O. %	2.26	Walkey - Black
pH	7.88	Potenciómetro
Ds g cm ²	2.3	Picnómetro
Da g cm ²	1.10	Probeta
CC	30.4	Ollas de presión
P. M. P.	16.5	
CE ds/m	2.25	Puente de Weathstone
Ca meq/lt	29.70	Titulación
Mg meq/lt	11.60	Titulación
Mn ppm	250	Absorción atómica
Fe %	2.08	Absorción atómica
Zn ppm	100	Absorción atómica

Fuente: Almaraz, A. J. J. 1996.

Procedimiento experimental de campo

Metodología

La siembra se llevó a cabo el 23 de mayo del 2002, se utilizó un diseño de bloques al azar con seis repeticiones, la parcela experimental consistió de cuatro surcos de 4.0 m de longitud por 0.90 m de ancho con 21 plantas por surco a una distancia de 0.20 m., lo que permitió una densidad de siembra de 55,556 pts ha⁻¹.

La siembra se realizó en forma manual a dos semillas por golpe, para posteriormente aclarar para asegurar el número óptimo de plantas.

La fórmula de fertilización aplicada de N, P y K fue 168.7-115-00 de la cual, la mitad del Nitrógeno y todo el Fósforo se aplicaron en el momento de la siembra, el resto del nitrógeno se aplicó en el primer cultivo.

Prácticas Culturales

Prácticamente el cultivo estuvo libre de malezas durante todo el ciclo. Por lo que respecta a plagas y enfermedades estas no se presentaron, los riegos fueron proporcionados de acuerdo a las necesidades del cultivo durante el ciclo. Cabe señalar que los días 12 y 13 de septiembre se presentó una helada la cual repercutió en el rendimiento puesto que el cultivo se encontraba en llenado de grano.

Análisis foliar

En campo, se tomaron muestras foliares en los 14 genotipos al momento de aparición de la hoja bandera tomando hojas cercanas a la mazorca para determinar el contenido de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn) Y Boro (B).

El análisis se realizó en los laboratorios del Patronato para la Investigación Agrícola del Estado de Coahuila (PIAEC).

VARIABLES ESTUDIADAS

- Días a Floración Femenina y Masculina (FF, FM). Número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta el 50 por ciento de las plantas con espiga que presentan emisión de polen para machos y estigmas receptivos para hembras.
- Altura de Planta (AP). Distancia en cm desde el nivel del suelo hasta la hoja bandera. Se hizo un muestreo de cinco plantas tomadas al azar en la parcela.
- Altura de Mazorca (AM). Distancia en cm desde el nivel del suelo hasta el nudo de la mazorca principal. Se muestrearon cinco plantas tomadas al azar en la parcela.

- Número de Plantas Cosechadas (NPC). Total de plantas de la parcela útil.
- Número de Mazorcas (NM). Total de mazorcas cosechadas por parcela útil.
- Acame de Raíz (AR). Por ciento de plantas en la parcela que tuvieron una inclinación igual o mayor a 30 grados respecto de la vertical.
- Acame de Tallo (AT). Por ciento de plantas en la parcela que presentan el tallo quebrado debajo de la mazorca, con relación al número total de plantas por parcela.
- Aspecto de la Planta (ASP). Poco después de la floración se califican las plantas de cada parcela tomando en cuenta sus características, tales como: uniformidad, posición de la mazorca, enfermedades, daño por insectos, calidad del tallo, etc; para ello se utilizó una escala del uno al cinco, donde el uno es lo mejor y cinco es lo peor.
- Aspecto de Mazorca (ASM). Se califica el grupo de mazorcas de cada una de las parcelas tomando en cuenta sus características, tales como: uniformidad y tamaño de las mazorcas, daño causado por plagas y enfermedades, llenado de grano. Se utilizó una escala del uno al cinco, donde uno es lo óptimo y cinco es lo peor.
- Cobertura de Mazorca (CM). Por ciento de mazorcas con mala cobertura en relación al total de mazorcas.

- Humedad del Grano (CH%). Se obtiene tomando una muestra aleatoria de 250 g; de las mazorcas en cada parcela y se colocan en el determinador de humedad Dickey y Johns.
- Peso de Campo (PC). Peso en Kg de mazorcas por parcela al momento de la cosecha.

Rendimiento de mazorca por Hectárea

Para estimar el rendimiento, se utilizó la siguiente metodología:

Se tomó una muestra aleatoria de 250 g de grano de las mazorcas cosechadas en la parcela para determinar el contenido de humedad al momento de la cosecha con un determinador de humedad Dickey y Johns, calculándose el por ciento de materia seca por diferencia con el 100 por ciento.

El peso seco se estimó multiplicando el por ciento de materia seca por el peso de campo.

Finalmente el rendimiento en mazorca al 15.5 por ciento de humedad se obtuvo al multiplicar el peso de campo por el factor de conversión a ton ha⁻¹.

$$FC = \frac{10\ 000\ m^2}{APU \times 0.845 \times 1000} \times 15.5$$

Donde:

FC = Factor de conversión a ton ha⁻¹ al 15.5 % de humedad.

APU = Área de parcela útil (distancia entre surcos x longitud de surco x número de plantas)

0.845 = Constante para obtener el rendimiento al 15.5 por ciento de humedad.

1000 = Constante para obtener el rendimiento en ton ha⁻¹.

10 000 m² = Superficie de una hectárea.

Diseño experimental

diseño experimental consistió en un bloques completamente al azar, cuyo modelo eal aditivo es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + E_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = valor observado de la característica estudiada.

μ = efecto general.

τ_i = efecto del tratamiento i -ésimo

β_j = efecto del bloque j -ésimo

E_{ij} = error experimental para cada observación (ij)

Procedimiento experimental de laboratorio

En laboratorio, de los 14 genotipos evaluados en campo, 13 se evaluaron en cinco soluciones de salinidad (0, 3, 6, 9, 12 dS m⁻¹) preparadas con Cloruro de Sodio (Na Cl) químicamente puro; el genotipo 8 no se evaluó debido a la insuficiente semilla.

Metodología

Las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Calidad Proteínica del MM de la UAAAN en el mes de septiembre de 2002.

La siembra se realizó en cajas de petri, con tres repeticiones por tratamiento, depositando siete semillas por caja la cual contenía papel filtro y la solución salina correspondiente. Las cajas fueron colocadas en un cuarto oscuro con temperatura y humedad uniforme, después de 20 días se procedió a medir las variables longitud de radícula (LR) y longitud de plántula (LP).

VARIABLES ANALIZADAS

- Altura de plántula (cm)
- Longitud de raíz (cm)

Diseño experimental de laboratorio

El modelo aditivo lineal bajo el cual se evaluaron genotipos en laboratorio, responde al diseño completamente al azar con arreglo factorial.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

$i = 1, \dots, t$; tratamiento

$j = 1, \dots, r$; repetición

Donde:

Y_{ij} = variable aleatoria observable

μ = promedio de la población

τ_i = efecto del tratamiento i -ésimo

e_{ij} = componente aleatoria de errores

Se calculó el coeficiente de variación (CV), para determinar la confiabilidad de los datos experimentales que intervinieron en el análisis de varianza, tanto para campo como para laboratorio; mediante la fórmula siguiente:

$$CV = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{Y}} \times 100$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación

CMEE = Cuadrado medio del error experimental

\bar{Y} = Media general

Análisis de correlación

Con la finalidad de determinar la asociación entre las variables longitud de radícula y longitud de plántula, se calculó el coeficiente de correlación o fórmula de Pearson, mediante la fórmula siguiente:

$$r = \frac{Cov(X,Y)}{S_X S_Y}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de campo

El Cuadro 4.1 concentra los resultados del análisis de varianza para las variables: rendimiento (ren), días a floración femenina (dff), días a floración masculina (dfm), altura de planta (alpa) y altura de mazorca (alma); evaluadas en 14 genotipos en la localidad de Navidad, Nuevo León.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios y su significancia para las variables bajo estudio

FV	GL	Rendimiento Kg ha ⁻¹	Altura de planta	Altura de mazorca	Días a floración femenina	Días a floración masculina
Bloques	5	3.3735**	321.3619 ^{NS}	474.2857**	14.4405**	18.1429**
Genotipos	13	1.8554**	928.9963**	543.6923**	12.3013**	11.9927**
Error	65	0.5681	303.7106	198.7011	1.6353	1.5685
C V (%)		12.65	10.61	15.93	1.29	1.29

** Significancia al 0.01 de probabilidad; CV= Coeficiente de variación.

En dicho cuadro se observa que la variable rendimiento muestra significancia al 1% para las fuentes bloques y genotipos, indicando con ello la variación del terreno y la variación en la constitución genética de los genotipos, respectivamente. Se tiene un coeficiente de variación de 12.65% el cual da confiabilidad en el manejo del experimento.

En cuanto a la variable altura de planta, el análisis de varianza detecta diferencias altamente significativas para genotipos, para la fuente bloques no existe significancia, dando una idea con ello de que esta variable no fue afectada por la

riación del terreno aún cuando los efectos físicos de daño por la salinidad fueron evidentes y variantes de bloque a bloque.

Para la variable altura de mazorca, el análisis de varianza muestra significancia al 1 por ciento para genotipos y bloques con un coeficiente de variación de 15.93 por ciento.

El análisis de varianza para días a floración femenina muestra diferencias altamente significativas tanto para genotipos como para bloques con un coeficiente de variación confiable de 1.29 por ciento.

Con respecto a la días a floración masculina, las fuentes de variación bloques y genotipos señalan significancia al 1 por ciento con un coeficiente de variación de 1.29 por ciento.

Con la finalidad de determinar los mejores genotipos, se estimó una prueba de comparación de medias (DMS 0.01) para las cinco variables (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Prueba DMS al 1% para las variables estudiadas.

Tratamiento	Rendimiento Kg ha ⁻¹	Altura de planta cm	Altura de mazorca cm	Días a floración femenina	Días a floración masculina
1	*6964.3 a	170 abc	*105 a	99 cdef	97 cdef
2	6619.5 abc	163 abc	91 b	99 def	97 def
3	5954.5 cd	161 bcd	83 bcd	99 cde	97 cde
4	5871.2 cd	159 cd	91 b	99 cd	97 cd
5	5835.5 cd	181 ab	98 ab	98 def	96 def
6	4915.5 e	155 cd	82 bcd	99 cdef	97 cdef
7	5879.2 cd	141 d	73 cd	98 ef	96 ef
8	6857.2 ab	*183 a	95 ab	99 cd	97 cde
9	5825.7 cd	170 abc	92 b	99 cdef	97 cdef
10	5985.8 cd	173 abc	96 ab	100 bc	98 bc
11	5898.2 cd	171 abc	87 bc	98 f	96 f
12	5361.7 de	141 d	69 d	102 ab	99 ab
13	5442.5 de	170 abc	91 b	101 b	100 ab
14	5996.3 bcd	163 abc	88 bc	*104 a	*100 a
X̄	5957.7	164	89	100	97

*Valores máximos alcanzados en cada variable. Las medias de los genotipos con la misma letra son estadísticamente iguales.

La prueba de rango múltiple DMS al 1 por ciento para la variable rendimiento (Cuadro 4.3), agrupa a los genotipos 1, 2 y 8, correspondientes a híbridos experimentales, como estadísticamente iguales en los más altos rendimientos promedio de 6964.3, 6619.5 y 6857.2 kg ha⁻¹, respectivamente; aquí es preciso notar que estos genotipos superaron al testigo AN-447 (5996.3 kg ha⁻¹) genotipo 14, el cual es potencialmente rendidor en condiciones favorables y no para las condiciones desfavorables como el ambiente en que ambos se desarrollaron. Mientras tanto, los genotipos 13, 12 y 6 con los más bajos rendimientos promedio de 5442.5, 5361.7 y 4915.5, respectivamente.

Cuadro 4.3 Prueba de comparación de medias (DMS al 1%) para rendimiento

Genotipos	Rendimiento Kg ha ⁻¹	
1	6964.3	a
8	6857.2	a b
2	6619.5	a b c
14	5996.3	b c d
10	5985.8	c d
3	5954.5	c d
11	5895.2	c d
7	5879.2	c d
4	5871.2	c d
5	5835.5	c d
9	5825.7	c d
13	5442.5	d e
12	5361.7	d e
6	4915.5	e

Con respecto a la variable altura de planta, los genotipos 8, 5, 10, 11, 13, 9, 1, 2 y 14 se consideran estadísticamente iguales, cabe mencionar que los genotipos 1, 2 y 8 quienes mostraron buen rendimiento también mostraron buena altura de planta; por lo contrario, los genotipos 3, 4, 6 y 7, estadísticamente iguales, obtuvieron la menor altura, en general, la altura de planta se redujo debido al efecto de la salinidad.

La comparación de medias realizada demuestra que los genotipos 1, 5, 10 y 8, obtuvieron alturas de mazorca de 105, 98, 96 y 95 cm, respectivamente.

Para la variable días a floración femenina, la prueba de medias considera estadísticamente iguales a los genotipos 14 y 12 con 103 y 102 días, respectivamente, siendo estos los más tardíos, y los más precoces fueron los genotipos 5, 7 y 11 con 98 días a floración cada uno.

Cabe mencionar que los genotipos más rendidores (1, 2 y 8) no fueron los más tardíos ya que los tres obtuvieron 98 días a floración femenina.

Con respecto a los días a floración masculina, los genotipos 14, 13 y 12 fueron estadísticamente iguales con 100, 100 y 99 días, respectivamente.

Es preciso señalar que, si bien, hubo genotipos con menor número de días a floración masculina y femenina pero aún así son tardíos, esto no concuerda con lo mencionado por Fower y Hamm (1980) quienes observaron en varias especies vegetales un adelanto en la fecha de espigado inducido por la salinidad; esto, da una idea de que la floración se retardó a causa de la temperatura y no por un efecto de la salinidad.

En cuanto a las alturas de planta y mazorca, se observó que el efecto de la salinidad redujo, aunque no drásticamente la elongación de los entrenudos.

Resultados de laboratorio

El Cuadro 4.4 concentra los cuadrados medios del experimento de laboratorio para longitud de radícula y longitud de plántula en 13 genotipos dado que el genotipo ho no se evaluó por insuficiencia de semilla.

Cuadro 4.4. Cuadrados medios y significancia de longitud de radícula y plántula.

FV	GL	Longitud de radícula	Longitud de plántula
Genotipos	12	204.0825**	5.5315**
Dosis	4	75.9305**	24.4194**
Interacción	48	9.3731**	3.6243**
Error	130	4.3287	2.1664
C V (%)		30.08	28.81

** Significativo al 0.01 de probabilidad; CV= Coeficiente de variación.

Los cuadrados medios del análisis de varianza (Cuadro 4.3) para longitud de radícula y longitud de plántula muestran significancia al 1 por ciento para genotipos, indicando con ello que los genotipos mostraron diferencias en su constitución genética. El coeficiente de variación obtenido en el estudio de esta variable (30.08 por ciento) es relativamente alto, esto probablemente debido al tiempo de exposición al estrés salino de la semilla hasta su germinación y esto dependiendo de la habilidad genética de cada genotipo en particular y de las condiciones de laboratorio. Para el factor dosis existen diferencias altamente significativas. De igual forma para la variable longitud de plúmula existen diferencias altamente significativas tanto para genotipos como para dosis y con un coeficiente de variación de 28.81 por ciento, este coeficiente de variación es relativamente alto debido quizá al estrés salino causando deshidratación a la plántula.

Por lo que respecta a la fuente interacción, el análisis de varianza señala diferencias altamente significativas en las dos variables, esto implica que los efectos de los factores no son independiente entre si; y como se vio en genotipos, estos responden al cambio de concentración. En este caso no podemos concluir paradójicamente que un genotipo es el mejor y que un nivel de salinidad es más adecuado sin estudiar a fondo como se comporta cada genotipo en los diferentes niveles de salinidad por lo tanto, se detalla a continuación la respuesta de la interacción de los genotipos en cada nivel de salinidad para las dos variables.

Longitud de radícula

La Figura 4.1 señala el comportamiento de 13 genotipos para longitud radicular en cinco niveles de salinidad.

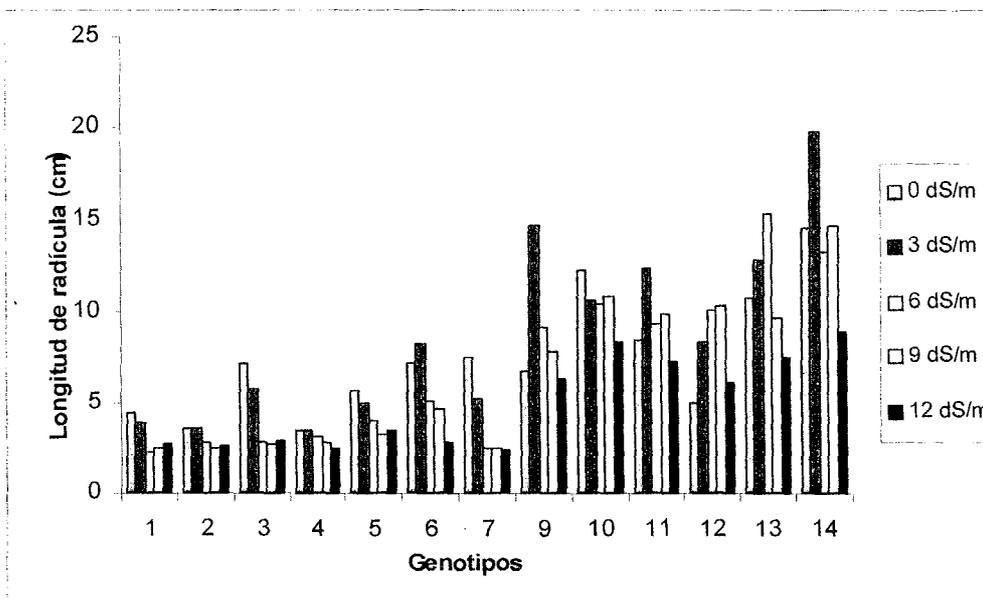


Figura 4.1. Longitud radicular de 13 genotipos en cinco niveles de salinidad.

Se observa que para el nivel de conductividad de 0 dS m^{-1} , el genotipo 14 (testigo) obtuvo la mayor longitud radicular (14.52 cm) seguido por los genotipos 10 y 13 con 12.27 y 10.74 cm, respectivamente; mientras que los genotipos que mostraron el menor crecimiento fueron el 2 y 4 con 3.57 y 3.48 cm, respectivamente.

Para el nivel de 3 dS m^{-1} de conductividad, el genotipo 14 (19.74 cm) muestra mejor desarrollo seguido por el genotipo 9 con 14.65 cm; en tanto que los genotipos 2 y 4 mostraron el menor crecimiento radicular (3.61 y 3.43 cm, respectivamente).

Por lo que respecta al nivel de 6 dS m^{-1} de salinidad, el genotipo 13 con 15.33 cm, mostró el mejor comportamiento seguido por el genotipo 14 con 13.21 cm, mientras que los genotipos 1 y 7 obtuvieron los valores mas bajos de crecimiento (2.24 y 2.54 cm, respectivamente).

En cuanto al nivel de 9 dS m^{-1} de conductividad, se observa que los genotipos 14, 10 y 12 con 14.64, 10.88 y 10.32 cm, respectivamente, fueron los que obtuvieron mayor crecimiento radicular; por lo contrario, los genotipos 1, 2 y 7, obtuvieron el menor crecimiento (2.53, 2.48 y 2.47 cm, respectivamente).

En el más alto nivel de salinidad (12 dS m^{-1}) los genotipos 14 y 10 obtuvieron la mayor longitud (8.87 y 8.32 cm, respectivamente) en tanto que, los genotipos 2, 4 y 7 obtuvieron el menor crecimiento con 2.65, 2.53 y 2.41 cm, respectivamente.

Como puede verse, se esperaría que cada genotipo mostrara una tendencia descendente de la longitud radicular, tal como lo muestra el genotipo 4, esto es que a medida que se incremente el nivel de salinidad la longitud radicular se redujera, este comportamiento de los genotipos se deba probablemente que entre ellos existen cruza simples, variedades y que sus respectivas varianzas genéticas sean diferentes y

e en determinado momento se vean favorecidos o perjudicados ante un ambiente salino.

Longitud de plántula

La Figura 4.2 muestra el comportamiento de 13 genotipos en cinco niveles de salinidad para longitud de plántula evaluada en laboratorio.

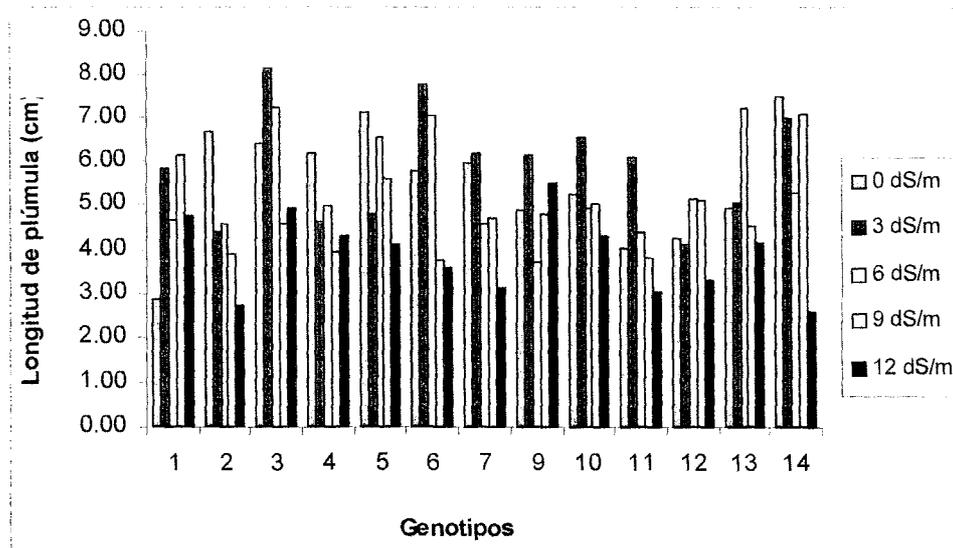


Figura 4.2. Longitud de plántula de 13 genotipos en cinco niveles de salinidad.

En dicha figura se observa que para el nivel de salinidad cero, el genotipo 14 guiado por el 5 obtuvieron 7.50 y 7.14 cm, respectivamente; en tanto que el genotipo 10 con 2.86 cm; obtuvo el menor crecimiento.

Para una conductividad eléctrica de 3 dS m^{-1} , los genotipos 3, 6 y 14 mostraron el mayor crecimiento de plántula (8.16, 7.80 y 7.03 cm, respectivamente) y por lo contrario, el menor crecimiento fue para los genotipos 12 y 2 con 4.12 y 4.38 cm, respectivamente).

En el nivel de 6 dS m^{-1} de salinidad, los genotipos que obtuvieron el mayor crecimiento fueron el 14, 3 y 6 con 7.24, 7.23 y 7.07 cm, respectivamente, y el genotipo 9 con 3.69 cm, fue el de menor crecimiento en este nivel.

En cuanto a 9 dS m^{-1} de conductividad, el mejor comportamiento lo mostró el genotipo 14 con 7.10cm, seguido por el genotipo 1 con una longitud de 6.15 cm; en cambio, los genotipos 11 y 10 tuvieron la menor longitud de plántula (3.78 y 3.75 cm, respectivamente).

Para el nivel de salinidad más alto (12 dS m^{-1}) el genotipo 9 mostró el mayor crecimiento con 5.51 cm, por el contrario, el genotipo 14 correspondiente al testigo (AN-447) con 2.56 cm de longitud fue el de menor crecimiento.

Cabe señalar que los genotipos que en campo mostraron el mayor rendimiento fueron los que obtuvieron el mejor comportamiento en laboratorio, ya que bajo condiciones de laboratorio el testigo (AN-447) exhibió mejor comportamiento.

El Cuadro 4.5 concentra las medias de las longitudes (cm) de radícula y raíz para los 13 genotipos en los cinco niveles de salinidad.

Se observa en las medias generales que en la radícula, a medida que se aumenta la concentración de sales disminuye su longitud respecto al testigo (0 dS m^{-1} de la misma forma, las medias generales para longitud de plántula exhiben el mismo comportamiento. Es preciso hacer notar que en el nivel de 3 dS m^{-1} , las medias más altas fueron las más altas, aquí podemos suponer que ese nivel de salinidad favoreció al crecimiento de los genotipos quizá por algún efecto de los iones calcio y sodio que conformaron la solución salina; pero ya un exceso de esta sal causa

adro 4.5. Medias de longitud de radícula (LR) y plántula (LP) en centímetros para 13 genotipos.

Genotipos	Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)				
	0	3	6	9	12
1	LR 4.46	3.87	2.24	2.53	2.77
	LP 2.86	5.85	4.65	6.15	4.74
2	3.57	3.61	2.81	2.48	2.65
	6.68	4.38	4.55	3.87	2.72
3	7.21	5.76	2.85	2.67	2.92
	6.43	8.16	7.23	4.58	4.91
4	3.48	3.43	3.18	2.83	2.53
	6.18	4.63	4.96	3.95	4.30
5	5.60	5.02	4.06	3.26	3.45
	7.14	4.78	6.56	5.63	4.12
6	7.22	8.26	5.10	4.70	2.85
	5.77	7.80	7.07	3.75	3.56
7	7.47	5.20	2.54	2.47	2.41
	5.95	6.18	4.56	4.70	3.10
9	6.71	14.65	9.16	7.88	6.30
	4.88	6.16	3.69	4.78	5.51
10	12.27	10.67	10.39	10.88	8.32
	5.26	6.56	4.91	5.03	4.31
11	8.43	12.43	9.40	9.84	7.32
	4.02	6.09	4.38	3.78	3.02
12	5.01	8.37	10.15	10.32	6.09
	4.24	4.12	5.16	5.10	3.28
13	10.74	12.80	15.33	9.68	7.48
	4.92	5.07	7.24	4.53	4.17
14	14.52	19.74	13.21	14.61	8.87
	7.50	7.03	2.87	7.10	2.56
\bar{X} LR	7.44	8.76	6.96	6.47	4.92
\bar{X} LP	5.53	5.91	5.40	4.84	3.87

álisis de correlación

El análisis de correlación para longitud de radícula y longitud de plántula oió un coeficiente de correlación de 0.14, esto señala una correspondencia positiva re estas dos variables pero dicha asociación fue no significativa (Cuadro 4.6).

adro 4.6. Coeficiente de correlación para las variables longitud de radícula (LR) y longitud de plántula (LP).

Variable	LR	LP
LR	1.00	
LP	0.1390^{NS}	1.00

NS = No significativo

Resultados del análisis foliar de campo

de acuerdo a Plant Analisis Handbook. Jones *et al.* 1999; se presenta el nivel de eficiencia de elementos en los 14 genotipos evaluados en campo (Cuadro 4.7)

Cuadro 4.7. Nivel de suficiencia de elementos en 14 genotipos de maíz.

Genotipo	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
1	2.10*	0.18*	1.24*	1.45***	1.16***	1.03***	70**	14.40**	78.00**	83**	10.572**
2	2.45*	0.16*	1.9**	1.20***	1.18***	0.69***	42**	16.10**	86.70**	50**	12.513**
3	2.58*	0.10*	1.52*	1.37***	1.15***	0.90***	48**	11.30**	112.80**	51**	8.383**
4	3.75**	0.15*	1.49*	1.35***	1.08***	0.65***	53**	12.40**	82.20**	16*	5.547**
5	2.88**	0.18*	1.67*	1.36***	1.12***	0.63***	55**	15.40**	52.70**	85**	5.199**
6	2.64*	0.20*	2.58**	1.30***	1.23***	0.88***	44**	13.40**	115.30**	99**	10.473**
7	2.10*	0.18*	1.33*	1.33***	1.21***	0.73***	33**	16.3**	123.70**	32**	6.990**
8	2.52*	0.17*	1.72**	1.33***	1.22***	0.71***	43**	11.70**	125.00**	17*	3.657*
9	2.34*	0.15*	1.86**	1.44***	1.21***	0.83***	42**	170**	128.00**	38**	2.214*
10	2.55*	0.16*	1.57*	1.20***	1.23***	0.65***	40**	18.6**	44.20**	83**	7.687**
11	2.65*	0.17*	1.40*	1.59***	1.24***	0.70**	46**	11.8**	96.20**	87**	8.781**
12	2.16*	0.16*	1.84**	1.43***	1.23***	0.72***	45**	19.5**	78.80**	18*	10.075**
13	3.06**	0.18*	1.94**	1.03**	1.16***	0.97***	33**	14.6**	76.80**	67**	10.025**
14	3.12**	0.19*	1.66*	1.40***	1.19***	0.85***	35**	19.4**	48.80**	39**	9.279**

** , *** Contenido bajo, adecuado y alto, respectivamente.

Se observa que el contenido de fósforo fue bajo para todos los genotipos, sumando una habilidad del cultivo para aprovechar eficientemente este elemento para contrarrestar el efecto de la sal, apoyando esto con lo mencionado por Cerda y Ningham (1978) en sus estudios sobre tomate en donde un aumento en la producción se debió a la aplicación de P en todos los niveles de salinidad estudiados. Además de las funciones esenciales de este elemento tales como: metabolismo de los ácidos nucleicos, reacciones de formación de ATP y desarrollo radicular.

Respecto al contenido de potasio, se observa que los genotipos 2, 6, 8, 9, 12 y 14 tuvieron un nivel adecuado, el resto de los genotipos presentaron un nivel bajo,

¿podemos suponer que el potasio está favoreciendo al proceso de osmoregulación como mecanismo de tolerancia a sales, apoyando esto en lo que Patel (1973) observó en sorgo, maíz, trigo y zacate Sudán donde menciona que el contenido de potasio en el tejido de la planta disminuye progresivamente con el aumento de salinidad debido a una absorción más alta de sodio; además, el potasio es un elemento asociado a mantener la turgencia celular y regular la economía del agua en las células.

En cuanto al contenido de nitrógeno, podemos ver que solo los genotipos 4, 5, 3 y 14 mostraron un nivel adecuado mientras que el resto de los genotipos tuvieron un nivel bajo.

En general, podemos mencionar que los elementos N, P y K al desempeñarse en sus funciones de la planta, confieren en forma directa o indirecta tolerancia al efecto de las sales.

Cabe señalar que, en general, los 14 genotipos mostraron un nivel bajo de estos tres elementos y que su habilidad para desempeñarse en este ambiente pudo haberse debido a la constitución genética de cada uno para conferirles esa habilidad para desarrollarse en un estrés salino.

Respecto al resto de los elementos, el contenido de calcio, magnesio y azufre en los 14 genotipos fue en general alto, esto debido quizá a que los constituyentes más importantes encontrados en suelos afectados por salinidad son: Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} , K^{++} , CO_3^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} y Cl^- . Para el caso particular de calcio que tiene una

función similar al potasio respecto a mantener la turgencia celular, podemos suponer que la presencia de este elemento favorece ciertas funciones de la planta que le confieren cierta tolerancia a las condiciones salinas, esto es apoyado por estudios de Levitt (1980) quien menciona que la exclusión de sales permite un balance normal en presencia de altas concentraciones de cationes monovalentes, ocasionando una absorción preferencial de calcio en la membrana plasmática.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos tanto en condiciones de campo como de laboratorio en las que se desarrolló la presente investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

En las condiciones salinas de campo, los genotipos 1, 2 y 8 obtuvieron mejor rendimiento y podemos considerarlos como tolerantes a ese ambiente salino.

El rendimiento fue el principal indicador en campo para seleccionar genotipos tolerantes a las condiciones salinas.

La habilidad de los genotipos para aprovechar eficientemente los elementos como N, P y K para desarrollar eficientemente sus funciones y reflejarse en el rendimiento puede ser una forma para mostrar su tolerancia a sales.

Los genotipos que mostraron mejor comportamiento en laboratorio se comportaron de manera diferente en campo, por lo que no fue posible identificar genotipos tolerantes a la salinidad en laboratorio.

Para seleccionar genotipos tolerantes a salinidad en laboratorio, es más importante evaluar la longitud de radícula que la longitud de plúmula.

OPBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Para seleccionar confiablemente en laboratorio, realizar el experimento más una vez y considerar un sustrato lo mas parecido al del tipo de salinidad de campo nde se desee evaluar y considerar otras variables como peso de materia seca y rminación.

Dada la gran variación en cuanto a la cantidad de sal en el suelo, es necesario nsiderar los análisis de suelos y aguas en el terreno de campo antes y después de alizar el experimento para así hacer inferencias más precisas sobre la tolerancia de s genotipos.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue identificar genotipos de maíz tolerantes a salinidad mediante la evaluación en campo y laboratorio. El experimento de campo se realizó en el ciclo Primavera – Verano del 2002 en la localidad de Navidad, Nuevo León bajo condiciones de riego. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, midieron las variables: rendimiento, altura de planta, altura de mazorca, días a floración femenina, días a floración masculina en 14 genotipos, y se tomaron muestras foliares en el momento de aparición de la hoja bandera para determinar el contenido de elementos. En laboratorio, se evaluaron 13 genotipos y cinco niveles de salinidad (0, 3, 6, 9, 12 decisiemens) bajo un diseño en bloques completamente al azar con arreglo factorial, evaluándose longitud de radícula y plúmula. Los análisis de varianza para genotipos en campo, mostraron diferencias significativas al 1 por ciento la prueba DMS (0.01) para rendimiento considera a los genotipos 1 y 2 como estadísticamente iguales con rendimientos promedio de 6964.3 y 6619.5 kg ha⁻¹, respectivamente. El análisis foliar mostró, en general, que los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio fueron bajos en cambio, el contenido de calcio, magnesio y azufre fue alto. En laboratorio, los análisis de varianza para las dos variables, mostraron significancia al 1% por ciento para las fuentes genotipos e interacción. La prueba MS al 1% mostró que el genotipo 13 tuvo mejor comportamiento.

Palabras clave: *Zea mays* L., rendimiento, salinidad, radícula, plántula.

LITERATURA CITADA

- Abdul S. M. 1983. Effect of salinity on nitrogen metabolism of wheat. *Soil and Fertilizers*, Vol 45, No. 1. U. S. A.
- Abrisketa J.M., Fernández A., Alarcón J.J., Lozano L.A., 1991. Dinámica del sistema radicular de dos genotipos de tomate en invernadero en riego por goteo sometidos a estrés salino. *Suelo y Planta*. 1:351-361.
- Ab-Shukor N.A., Kayq. .O.N., Stevens D.P., Skibinski D.O.F., 1988. Salt tolerance in natural populations of *Trifolium repens L.* *New Phytologist* 109(4): 483-490.
- Acceves, N. E. 1979. El ensalitrarniento de los suelos bajo riego (identificación, control, combate y adaptación). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- Acceves, N. L. A. 1981. Los terrenos ensalitrados y los métodos para su recuperación. Tomo 1 y 2. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Adams P. 1988. Some responses of tomatoes grown in NFT to sodium chloride. *Proc. 7. International Cong. Silless Culture*, 59-70.
- Adams P. 1991. Effect of Increasing the Salinity of the Nutrient Solution with Mayor Nutrients or Sodium Chloride on the Yield Quality and Composition of Tomato Grown in Rockwool. *J. Hort. Sci.* 66(2), 201-207.
- Aguilera, C. M. y Martínez, E. R. 1986. Relaciones, agua, suelo, planta, atmósfera. 3ra. Ed. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Al-Khafaf S., Al-Janabi K., Hussain I.A., Manky F.S., Saliem L.H., 1988. Maize root development under various levels of salinity and water distribution. *Agricultural Water Management* 15(4): 377-385.
- Almaraz, A. J. J. 1996. Carta de sales de los suelos del rancho "El Potrero" municipio de General Cepeda, Coah. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah. Méx.
- Allison L. E. 1964. Soil salinity in relation to irrigation. *Adv. Agron.* 16, 139-180.

- hraf M., Mcneilly T., Bradshaw A.D., 1986_a The potential for evolution of salt (NaCl) tolerance in seven grass species. *New Phytologist* 103(2): 299-309.
- hraf M., Mcneilly T., Bradshaw A. D., 1986_b. The response of selected salt-tolerant and normal lines of four grass species to NaCl in sand culture. *New Phytologist* 104(3): 453-461.
- ers A. D. and Hayward H. E. 1948. A method for measuring the effects of soil salinity on seed germination with observations on several crop plant. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 19, 224.
- ers, A.D. 1952. Seed Germination as Affected by Soil Moisture and Salinity. *Agron. J.*, 44 (2) 82-84.
- rnstein, L. and H. E. Hayward. 1958. Physiology of salt tolerance. *Annual Review of Plant Physiology*. United States of America. Vol.9: 25-46.
- rnstein, L. and M. Fireman. 1957. Laboratory studies on salt distribution in furrow-irrigated soil with special reference to the pre-emergence period. *Soil Sci.* 83:240-263.
- rnstein L 1961. "Osmotic adjustment of plants of saline media. J. Steady State", *Amer. J. Bot.* 48: 909-918.
- rnstein L., Francois L. E. and Clark R. A. 1974. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. *Agron. J.* 66, 412.
- enzel, M. L. 1994. Cellular mechanisms of salt tolerance in plant cells. *Horticultural Reviews*. United States of America. 6: 33-69.
- erhuizen J. F. and Ploegman C. 1967. Salt tolerance of tomato. *Meded. Dir. Tuinbouw Neth.* 30, 302.
- em F. H. G., Scheiner J.D., Lavado L.S., 1994. Some effects of soil salinity on growth, development and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 172(3): 182-187.
- hnert H. J. and R. G. Jensen (1996) *Metabolic Engineering for Increased Salt Tolerance—the Next Step*. *Aust. J. Plant Physiol.* 23, 661-667.
- wer, C.A. and Tamimi, Y.N. 1979. Root Adjustments Associated with Salt Tolerance in Small Grains. *Agron. J.* 71: 690-693.
- rda A. and Bingham F. T. 1978. Yield, mineral composition, and salt tolerance of tomato and wheat as affected by NaCl and phosphorus nutrition. *Agrochimica* 22, 140.

- Arnon, H. 1962. Plant Response to Saline Substrates: I. Growth and Ion Uptake of Several Varieties of *Hordeum* During and after Sodium Chloride Treatment. Aust J. Boil Sci 15 (1), 16-38.
- Arnon H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of Salt Tolerance in Non Halophytes. Annu. Rev. Plant Physiol. 31: 149-190.
- Arnon, H. and R. Munns. 1982. Halophytes, higher plants and algae. Encyclopaedia of Plant Physiology. Ed. O. L. Lang, C. B. Osmond.
- Arve C. M. and E. U. Maas, 1988. Differential Effects of Sodium/Calcium Ratio on Sorghum Genotypes. Crop Sci. 28:659-665.
- Asagawa, P.M.; R. A. Bressan and A. K. Handa. 1986. Cellular mechanisms of salinity tolerance. Hort Science. 21(6):1317-1324. United States of America.
- Bal M, A M Zenoff, G Poessa, H Moreno, E D Massa (1998) Saline Stress Alters The Temporal Patterns of Xylem Differentiation and Alternative Oxidase Expression in Developing Soybean Roots. Plant Physiol. 117, 695-701.
- Chen W. D. and O. Wolf 1985. Na dependent net K retranslocation in leaves of *Hordeum vulgare*, cv. California Mariout and *Hordeum distichon* cv. Villa under salt stress. J. Plant Physiol. 121, 211-223.
- Clayton M. A. and Ghowail S. L. 1964. Salinity effect on the growth of corn at different stages of development. Agron. J. 56, 214.
- Elkafi U. 1984. Plant nutrition under saline conditions. In Soil Salinity under Irrigation. I. Shainberg and J. Shalhevet Eds. Springer Verlag, Berlin, 349 p.
- Elkafi U., Valoras, N. and Letey J. 1982. Chloride interaction with nitrate and phosphate nutrition in tomato. J. Plant Nutr. 5, 1369.
- Evans W.M. and Qualset C. O. 1991. Breeding for Salinity-Stressed Environments: Recombinant Inbred Wheat Lines Under Saline Irrigation. Crop Sci. 31: 1436-1442.
- Fisher, I. J. M. 1987. Hidrogeoquímica. Geohidrología. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Harris, J. 1980. Responses of Plants to environmental stresses. Vol. 1. Chilling, freezing and high temperature stresses, 2nd ed. Academic Press, New York, N Y.

- S. R. H. y S.P. Hernández R. 1987. Caracterización de la Tolerancia a la Salinidad de Genotipos de Algodonero. Informe de Investigación, PRONAPA Vol. 1 (cap. 3).
- S, J M Kinet, J Bouharmont (1995) Changes in plant response to Na Cl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. J. Exp. Bot. 46, 1843-1852.
- ujan , T. S. and K. R. Sonar. 1982. Effect of Na Cl and Na₂SO₄ on dry matter accumulation on uptake of N, and K by Wheat. Soil and fertilizers. Vol 45. No. 1.
- ínez-Cob A., A. Royo and A. Araguez . 1987. Salt Tolerance of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars at the Germination Stage: Analysis of Response Functions. Plant and Soil. 104: 53-56.
- is, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. J. Irrig. Drain. Div., ASCE 103:115-134.
- is, E. V., Hoffman, G. L., Chaba, G. D., Poss, J. A. and Shannon, M. C. 1983. Salt sensitivity of corn at various growth stages. Irrig. Sci. 4, 45-57.
- is, E. V. 1984. Salt tolerance of plants. In: the handbook of Plant Science in Agriculture. B. R. Christine (Ed) CRC. Press. Boca Raton. Florida.
- ínez V and A Lauchli 1991. Phosphorus translocation in salt stressed cotton. Physiol. Plant. 83, 627-632.
- afar A and Oertli J.J., 1992. Root-zone temperature and salinity: interacting effects on tillering, growth and element concentration in barley. Plant and Soil 139(1): 31-38.
- edo, B., M. del C.; Robledo S., E; Cajuste C., L. J. 1991. Estudio de la Tolerancia a la Salinidad de 8 Variedades de Frijol. XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Pachuca, Hgo. Noviembre de 1991. Pp
- ón C. E. 1996. Diseños Experimentales con Aplicación a la Agricultura y la Ganadería. Ed. Trillas. 215 p.
- as L. R. 1999. Evaluación de Genotipos de Maíz con Diferentes niveles de Salinidad En Localidades y Laboratorio. Tesis Maestro en Ciencias. UAAAN. P. 87.
- ernak D., DeMalach Y. and Borovic I. 1985. Irrigation with brackish water and to alternating brackish - fresh - brackish water irrigation. Agric. Water Manag. 10, 47.

- Latel P. M. 1973. Salinity-fertility interactions for five different crops in relation to yield and chemical composition. Diss. Abstr. Intern. 34, 20.
- Lizarro, F. 1985. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. 2da. Ed. Editorial agrícola Española, S. A. Madrid España.
- Lamírez, M. , O. M.; Ortega E., M.; Rodríguez R., J. L., Ramírez A., C.; Rone P., J.L. 1990. Determinación Experimental de la Capacidad Germinativa de algunos Cultivos Agrícolas en Soluciones Salinas de Diferentes Concentraciones Total y Composición Cualitativa. Memorias del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Montecillo, Edo. de México. Pp 236.
- Richards R.A., 1992. Increasing salinity tolerance of grains crops: Is it worthwhile ?. Plant and Soil 146: 89-98.
- Rush D. W. and Epstein E. 1981. Comparative studies on the sodium, potassium and chloride relations of a wild halophytic and a domestic salt-sensitive tomato species. Plant Phys. 68, 1308.
- Shannon M.C. 1979. In Quest of Rapid Screening Techniques for Plant Salt Tolerance. Hort Science 14 (5), 587-589.
- Shymony. 1973. Responses of Plants to environmental stresses. Vol. LI. Ed. Academic Press, U. S. A.
- Sonneveld C and C Kreij (1999) Responce of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to an unequal distribution of salt in the root environment. Plant Soil. 209, 47-56.
- Staples, R. S. and Toenniessen, G. H. 1984. Salinity tolerance in plants. Ed. Wiley-Interscience publication, U. S. A.
- Szabolcs, I. 1979. Review of research on salt affected soil. UNESCO, París, Francia.
- SJSDA. 1987. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6ta. Ed. Editorial Limusa. México, D. F.
- Weigel R. C., Schillinger J. A., Mc Caw B. A., Gauch H. G. and Hsiao E. 1973. Nutrient-nitrate levels and accumulation of chloride in leaves of snapbeans and root of soybeans. Crop Sci. 13, 411.
- Winicov I 1998. New molecular approaches to improving salt tolerance in crops plants. Ann. Bot. 82, 703-710.
- Yang Y.W., Newton R.J., Miller F.R., 1990. Salinity Tolerance in *Shorgum*.I. Whole Plant Response to Sodium Chloride in *S. bicolor* and *S.halepense*. Crop Sci. 30: 775-781.

- eo A R 1998. Molecular biology of alt tolerance in the context of whole-plant physiology. *J. Exp. Bot.* 49, 915-929.