

EFFECTO DE LA SALINIDAD (NaCl) SOBRE LA GERMINACION Y VIGOR DE SEMILLAS EN 10 GENOTIPOS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

NARCISO ENRIQUE GONZALEZ ESCOBAR

TESIS

Presentada como requisito parcial

Para obtener el titulo

De ING. En Agrobiologia

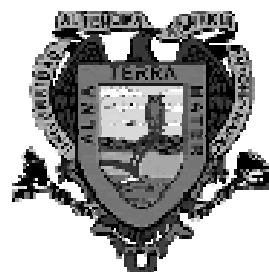
Universidad Autónoma Agraria

“Antonio Narro”

Departamento de Botánica

Buenavista, Saltillo, Coahuila

Abril de 2009



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

EFFECTO DE LA SALINIDAD (NaCl) SOBRE LA GERMINACION Y VIGOR DE SEMILLAS EN 10 GENOTIPOS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

POR:

NARCISO ENRIQUE GONZALEZ ESCOBAR

TESIS

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

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobado por el Comité de Tesis:


Asesor principal:


M.P. María Alejandra Torres Tapia

Asesor:


Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

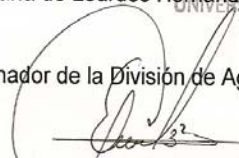
Asesor:


M.C. Teresa Ruiz de León

Asesor:

ING. María de Lourdes Hernández Hernández

Coordinador de la División de Agronomía


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

División de Agronomía
Coordinación.

AGRADECIMIENTOS.

A ti **Dios**, por darme la oportunidad de vivir e iluminarme constantemente en mi camino y por haberme permitido concluir una meta más en esta vida, la de terminar mis estudios profesionales .

A mi **ALMA TERRA MATER**, por haberme abierto sus puertas para realizar mis estudios profesionales y alcanzar un objetivo más. Siempre te representare con orgullo y profesionalismo.

Al **M.C Alejandra Torres Tapia**, mil gracias por haber depositado su confianza en mí, y sobre todo por brindarme su valiosa amistad, también por todas las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto que Dios la bendiga siempre, gracias.

Al **DR. Víctor Zamora Villa** por su amistad y apoyo brindado para sacar adelante este proyecto.

Al **M.C Teresa Ruiz de León**, por su valioso apoyo en la elaboración de este proyecto.

Al **ING. Ma. De Lourdes Hernández Hernández**: Por haberme ayudado en la elaboración de esta tesis, gracias.

Al **Sr. Alejandro Cisneros González**, por todo su apoyo y amistad brindado durante el ciclo escolar, gracias.

A la **Sra. Alicia López Lara**, por toda su amistad y apoyo durante la carrera, gracias.

A la **Sra. Elisa García** por todo sus consejos y oraciones para no apartarme del camino de Dios y poder terminar con mis estudios, gracias.

Al **Sr. José de la Rosa García (+)** por todo el apoyo y consejos que me brindo, que Dios lo tenga en su gloria.

A mis amigos: por toda su confianza y amistad que siempre hemos compartido en especial a: **Alex**, Gisel, **Olga**, Lilian, Angélica, José Luis, Anselmo, Judith, Yanci, **M.C. Alejandra**, **Javier**, Lorena M., Magda, Olivia, Octavio y Abigail.

DEDICATORIA

A mis Padres

Narciso González Vázquez y Presciliana Escobar Santizo.

Por todo el apoyo incondicional que siempre me han dado y sobre todo el cariño y amor que me han brindado, por sus consejos, ya que ustedes en todo momento han estado siempre que los necesito y han sido el motor para luchar por lo que hoy he logrado; sin ustedes no hubiese sido posible este logro. Gracias por heredarme este tesoro. Esto es por y para ustedes.

A mis hermanos.

Santos, Carmela, Armenio, Mary, Pedro, Jorge, Romeo, Liove, Josefina, Armando. Por todo el cariño y amor que siempre me han brindado por todos sus consejos y por el gran apoyo que siempre me han dado para lograr mis objetivos, por ser para mí los mejores hermanos del mundo y por formar parte de la familia que dios nos ha dado a la cual yo amo.

A mis Sobrinos.

Luis, Joel, Armando, Víctor, Brigadier, Tania, Cristian, Patricia, Pedro, Gladis, Beatriz. Gracias por toda la alegría y amistad que ellos me han brindado.

INDICE

| | |
|--|-----|
| ÍNDICE..... | V |
| NDICE DE CUADROS..... | VI |
| NDICE DE FIGURAS..... | VII |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| Salinidad en el suelo..... | 4 |
| Efecto de la salinidad en las plantas..... | 6 |
| Salinidad en la raíz de las plantas..... | 8 |
| Estrés salino a nivel celular..... | 9 |
| Mejoras geneticas..... | 10 |
| Otras investigaciones sobre el efecto de la salinidad..... | 12 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 14 |
| Material genético..... | 14 |
| Tratamientos..... | 15 |
| Variables evaluadas..... | 15 |
| Calidad física..... | 15 |
| Peso volumetrico..... | 15 |
| Peso de mil semillas..... | 15 |
| Contenido de humedad..... | 16 |
| Calidad fisiológica..... | 16 |

| | |
|---|----|
| Capacidad de germinacion..... | 16 |
| Pruebas de vigor..... | 16 |
| Prueba de envejecimiento acelerado (EA)..... | 16 |
| Longitud media de plumula (LMP)..... | 17 |
| Longitud promedio de radícula (LMR)..... | 17 |
| Tasa de crecimiento de plántulas (peso seco -PS-)..... | 18 |
| Diseño experimental..... | 18 |
| Comparacion de medias..... | 19 |
| RESULTADOS Y DISCUSION..... | 20 |
| Peso de mil semillas..... | 20 |
| Contenido de humedad..... | 22 |
| Peso volumétrico..... | 23 |
| Capacidad de germinación | 25 |
| Longitud media de plúmula y radícula (LMP) (LMR)..... | 31 |
| Tasa de crecimiento de plántula (Peso seco)..... | 34 |
| Envejecimiento acelerado (EA) | 36 |
| Longitud media de plumula y radícula después de envejecimiento acelerado (LMPEA y LMREA)..... | 41 |
| Tasa de crecimiento de plántula después del envejecimiento acelerado (PSEA) | 44 |
| CONCLUSIONES..... | 46 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 47 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | | pagina |
|--------|--|--------|
| 4.1 | Cuadros medios y comparación de medias en calidad física de 10 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) con características de tolerancia a salinidad..... | 21 |
| 4.2 | Cuadros medios y comparación de medias en calidad fisiológica de 10 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) con diferentes concentraciones de cloruro de sodio..... | 26 |
| 4.3 | Cuadros medios y comparación de medias en calidad fisiológica después del envejecimiento acelerado de 10 genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) con diferentes concentraciones de cloruro de sodio..... | 38 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Pagina |
|--------|--|--------|
| 4.1 | Comportamiento de la calidad física mediante el peso de mil semillas en 9 genotipos de trigo y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad..... | 21 |
| 4.2 | Comportamiento de la calidad física mediante el contenido de humedad en 9 genotipos de trigo y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad..... | 23 |
| 4.3 | Comportamiento de la calidad física mediante el peso volumétrico en 9 genotipos de trigo y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad..... | 24 |
| 4.4 | Medias de la capacidad de germinación (plántulas normales), plántulas anormales y semillas sin germinar en 9 Líneas elite de trigo forrajero (<i>Triticum aestivum</i> L.) y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad en diferentes concentraciones de NaCl..... | 28 |
| 4.5 | Medias de la longitud media de plúmula y radícula en 9 Líneas elite de trigo forrajero (<i>Triticum aestivum</i> L.) y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad en diferentes concentraciones de NaCl..... | 33 |
| 4.6 | Medias de (EA) para semillas sin germinar, plántulas normal y anormal en 9 Líneas elite de trigo forrajero (<i>Triticum aestivum</i> L.) y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad en diferentes concentraciones de NaCl..... | 39 |
| 4.7 | Peso seco antes y después de envejecimiento acelerado en 9 Líneas elite de trigo forrajero (<i>Triticum aestivum</i> L.) y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad en diferentes concentraciones de NaCl..... | 36 |
| 4.8 | Medias de (EA) para longitud media de plúmula y longitud media de radícula en 9 Líneas elite de trigo forrajero (<i>Triticum aestivum</i> L.) y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad en diferentes concentraciones de NaCl..... | 44 |

INTRODUCCIÓN

El trigo es uno de los tres cereales más producidos en el mundo, junto al maíz, la cebada y el arroz el más ampliamente consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad. Y mundialmente el más producido en mayor volumen (210 millones de toneladas) y de los componentes más importantes y estables de la dieta humana debido a su gran valor nutritivo, dado por un alto contenido en carbohidratos (65 – 70%) y proteínas (12-13 %). (Maich *et al* (2003).

Encabezando la lista por volumen de producción de trigo mundial, se encuentran China, India, Estados Unidos, Rusia, Francia y Canadá, en ese orden. Países latinoamericanos aparecen hasta en el lugar número 14 con Argentina y México.

Debido a la importancia del trigo en alimentación y a su gran variabilidad genética, esta especie ha sido incluida en programas de mejoramiento con el fin de desarrollar genotipos mejorados para diversos ambientes; como es el caso de México, donde la zona de mayor producción fue originalmente el Bajío, conocido durante mucho tiempo como el "granero de la República". (Cubero, 2003)

La producción de trigo en México puede incrementarse si se obtienen genotipos altamente rendidores o si se aumenta la superficie cultivada. Tal incremento puede lograrse a través de genotipos que prosperen en condiciones adversas como la de suelos salinos-sódicos, que es un problema en grandes extensiones de terreno. Su fácil manejo agronómico y cierto grado de tolerancia a la salinidad, le han permitido ocupar un lugar preferencial en zonas productivas donde sembrar otros granos resulta difícil.

En los últimos años nuestro país ha venido prestando una atención particular al problema de la salinidad en los suelos agrícolas, cuya cifra sobrepasa el millón de hectáreas y el cual abarca 57 de las 121 series de suelos estudiados en el país. Del total del área afectada el 41,6% corresponde a los pastizales y áreas forrajeras (Anon, 1985).

Los problemas por salinidad aparecen cuando se concentran sales solubles procedentes del regadío en suelos productivos, proceso que se denomina salinización secundaria. Este fenómeno afecta a la Humanidad desde el inicio de la Agricultura, y existen registros históricos de migraciones provocadas por la salinización del suelo cultivable. La actividad antrópica ha incrementado la extensión de áreas salinizadas al ampliarse las zonas de regadío con el desarrollo de grandes proyectos hidrológicos, que han provocado cambios en el balance de agua y sales de los sistemas hidrogeológicos. La proporción de suelos afectados por salinidad se cifra en un 10% del total mundial, y se estima que entre 25 y 50 % de las zonas de regadío están salinizadas (Rhoades *et al.*, 1992).

Actualmente se dice que el cultivo de trigo a sido uno de los cultivos que mejor toleran la salinidad, y de acuerdo a las mejoras genéticas que últimamente se han realizado se han logrado obtener materiales resistentes a salinidad ya que como se mencionaba anteriormente nuestro país es uno de los que presenta este tipo de problemas en el suelo; y una solución para que nuestros suelos sigan produciendo es crear variedades que toleren la salinidad.

Por lo que el programa de cereales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro generaron 9 genotipos de trigo que tiene tolerancia a altas concentraciones de sales ya que los suelos donde se obtuvieron son completamente salinos; por lo cual el presente trabajo pretende evaluar las 9 líneas de trigo (*Triticum aestivum*) comparado con un testigo comercial, a si como

su relación con la calidad fisiológica y a la vez encontrar el mejor o los mejores materiales con la intención de comercializarlos.

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el efecto de la calidad fisiológica de 9 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) y un testigo comercial (Bacanora) bajo diferentes concentraciones de sal (NaCl).

Objetivos específicos:

Comparar 9 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) con un testigo comercial en función de la calidad física y fisiológica de la semilla.

Evaluar el efecto de la calidad fisiológica de 9 líneas de trigo forrajero y un testigo comercial mediante un estrés de envejecimiento acelerado y sometidas a diferentes concentraciones en condiciones de laboratorio.

PALABRAS CLAVE: Semillas, Salinidad, Trigo, Mejoras Genéticas, Suelo

LITERATURA CITADA

Salinidad en el suelo

La salinidad en la tierra ha existido antes que los humanos y la agricultura, pero el problema ha sido agravado por prácticas de agricultura como la irrigación. Ahora aproximadamente 20% de las tierras cultivadas en el mundo y cerca de la mitad de todas las tierras irrigadas están afectadas por la salinidad. La deforestación es, entre otros, un factor limitante en el desarrollo de nuevas plantas, al enfrentarse a condiciones de estrés como la sequía, mayor intensidad luminosa, incremento en la temperatura así como incremento en la concentración de sales (entre ellas sales de sodio). Altas concentraciones de sal causan un desequilibrio en el transporte y concentración de iones, diversas alteraciones del metabolismo así como estrés secundario por la generación de especies de O₂ reactivo (Jian-Kang 2001).

Los problemas por salinidad aparecen cuando se concentran sales solubles procedentes del regadío en suelos productivos, proceso que se denomina salinización secundaria. Este fenómeno afecta a la Humanidad desde el inicio de la Agricultura, y existen registros históricos de migraciones provocadas por la salinización del suelo cultivable. La actividad antrópica ha incrementado la extensión de áreas salinizadas al ampliarse las zonas de regadío con el desarrollo de grandes proyectos hidrológicos, que han provocado cambios en el balance de agua y sales de los sistemas hidrogeológicos. La proporción de suelos afectados por salinidad se cifra en un 10% del total mundial, y se estima que entre 25 y 50 % de las zonas de regadío están salinizadas (Rhoades *et al.*, 1992).

El incremento paulatino de la salinidad del suelo o la necesidad de emplear aguas de riego con una concentración de sales superior a la aconsejada limita el

potencial de producción de los cultivos, en su mayoría especies glicófitas seleccionadas por su rápida tasa de crecimiento y alto rendimiento (Maas, 1986).

Además de la limitación en la disponibilidad de agua, la salinidad afecta las propiedades estructurales y físico-químicas del suelo, que pueden imponer un estrés adicional al crecimiento de los cultivos (Evangelou, 1994).

En un suelo salino, la elevada concentración de iones Na^+ y Cl^- (o SO_4^{2-}), produce una interferencia en la absorción de nutrientes (K^+ , Ca^{2+} , NO_3^-) e impide la captación de los mismos, al tiempo que pueden alcanzar niveles citosólicos tóxicos para el metabolismo celular. El mantenimiento del equilibrio iónico de la célula frente a los cambios del medio externo, esto es la homeostasis iónica, depende de las proteínas de membrana que regulan el flujo de iones, como las bombas de protones (ATPasas y pirofosfatasas), transportadores secundarios y canales iónicos (Niu *et al.*, 1995; Maathuis y Amtmann, 1999).

(Jensen *et al.*, 1990). El incremento paulatino de la salinidad del suelo o la necesidad de emplear aguas de riego con una concentración de sales superior a la aconsejada limita el potencial de producción de los cultivos, en su mayoría. Además de la limitación en la disponibilidad de agua, la salinidad afecta las propiedades estructurales y físico-químicas del suelo, que pueden imponer un estrés adicional al crecimiento de los cultivos.

Maas y Hoffman (1977) y Maas (1986) la salinidad del suelo produce un efecto negativo sobre el crecimiento de los cultivos, y que las relaciones empíricas entre la salinidad del suelo y el descenso en el rendimiento que se produce.

Estas relaciones son ampliamente usadas, a pesar de que no consideran las diferencias en el grado de tolerancia entre los distintos genotipos de cada cultivo.

(Jain y Selvaraj, 1993; Yeo, 1998; Hasegawa *et al.*, 2000) La salinidad afecta el crecimiento y producción de los cultivos al reducir el potencial hídrico de la solución del suelo, disminuyendo así la disponibilidad de agua, y al crear un desequilibrio nutritivo dada la elevada concentración de elementos (Na^+ , Cl^-) que pueden interferir con la nutrición mineral y el metabolismo celular.

Efecto de la salinidad en las plantas

Turner and Jones 1980.). En las plantas, otro proceso que resulta afectado por la exposición a altas concentraciones de sal, es la fotosíntesis en la cual, se pueden alterar los eventos de captación de luz y la transducción a potencial redox.

Como muchas otras transformaciones de energía, todas las formas de fotosíntesis se realizan en sistemas de membranas cerradas, como los cloroplastos, o en las mismas membranas celulares en el caso de las bacterias fotosintéticas. Al someter a una molécula de clorofila (*Chl a*) a la energía que proporciona la luz, cambia el estado de un electrón en la molécula y la energía original se disipa como trabajo fotoquímico, como luz (fluorescencia) y como calor; ya que el electrón excitado vuelve en un tiempo muy corto a su estado energético original.

En la planta se asocian células diferenciadas con distinta función (absorción, transporte, asimilación de carbono), y espacialmente separadas y enfrentadas a condiciones ambientales distintas (Yeo, 1998).

Uno de los efectos más evidentes del estrés salino es la reducción en la capacidad de absorción de agua, que se puede manifestar como los efectos del estrés hídrico: reducción de expansión foliar y pérdida de turgencia. Una célula vegetal expuesta a un medio salino equilibra su potencial hídrico perdiendo agua, lo que produce la disminución del potencial osmótico y del de turgencia. Esta situación genera señales químicas (aumento del Ca^{2+} libre intracelular, síntesis de ABA, etc.) que desencadenan posteriores respuestas adaptativas (Hasegawa *et al.*, 2000).

Los cambios macroscópicos que se observan bajo condiciones de salinidad, como reducción del área foliar y de la relación parte aérea/raíz, entre otros cambios también reflejan el ajuste necesario para recuperar el balance hídrico.

Por la importancia de los flujos hídricos en los procesos de ajuste osmótico celular, la actividad de las acuaporinas debe jugar un papel clave entre los mecanismos de adaptación al estrés (Maurel y Chrispeels, 2001).

(Jacoby, 1994). Los cambios macroscópicos que se observan bajo condiciones de salinidad, como reducción del área foliar y de la relación parte aérea / raíz, entre otros cambios también reflejan el ajuste necesario para recuperar el balance hídrico.

Kelmen y Qualset (1991) encontraron que la altura final en la planta en condiciones salinas tiene una elevada heredabilidad, por lo que parece ser un carácter interesante si se encuentra una asociación entre la altura y el rendimiento final del grano.

(Zhu, 2000). El papel del ión Ca^{2+} en la respuesta de las plantas a salinidad resulta esencial, por su papel señalizador, su función estructural en la membrana y su efecto sobre la actividad de algunos transportadores iónicos.

Pasternak(1987) clasifico los efectos de la salinidad desde el punto de vista fisiológico, los cuales se producen en la alteraciones de los caracteres morfo-fisiológicos, que son las que se aprecian visualmente al someter los cultivos a condiciones salinas.

Salinidad en la raíz de las plantas

La raíz, como principal órgano de absorción de agua y iones, tiene gran importancia en la respuesta a corto y largo plazo al estrés salino. En este órgano se sintetiza ácido abscísico (ABA), una de las señales tempranas de estrés capaz de producir cambios fisiológicos locales (conductividad hidráulica) y a distancia (cierre estomático) (Hartung *et al.*, 2002).

Las características anatómicas y morfológicas de la raíz pueden tener gran influencia en la capacidad de adaptación a la salinidad (Reinhardt y Rost, 1995; Maggio *et al.*, 2001).

Los cambios inducidos por el estrés salino en la ultra estructura, morfología y desarrollo de tejidos especializados (endodermis y exodermis) del la raíz (Harvey *et al.*, 1985; Sánchez-Aguayo y González-Utor, 1992; Reinhardt y Rost, 1995) reflejan los cambios adaptativos conducentes al control de la absorción y transporte de agua y iones a la parte aérea.

(Hartung *et al.*, 2002). Las características anatómicas y morfológicas de la raíz pueden tener gran influencia en la capacidad de adaptación a la salinidad.

Estrés salino a nivel celular

La integridad de membranas celulares, las actividades de diversas enzimas, la adquisición de nutrientes y la función de aparatos fotosintéticos que son conocidos pueden ser propensos a los efectos tóxicos de un alto estrés salino. Las plantas sujetas a estrés salino despliegan el complejo de respuestas moleculares incluyendo la producción de proteínas de estrés y osmolitos compatibles. Muchos de los osmolitos y proteínas de estrés tienen funciones desconocidas, probablemente desintoxican a las plantas de agentes estresantes o las previenen de posibles daños en su estructura (Jian-Kang 2001).

En algunas regiones de las plantas ciertas sustancias como la prolina, la betaína, glicilbetaína, varios carbohidratos y proteínas como la osmotina se sintetizan en las células que están sujetas a estrés por sequía o altas concentraciones de sal a las cuales se les conoce como osmorreguladoras (Flowers *et al* 1977 Jefferies 1981, Morgan 1984, Turner and Jones 1980.).

(Perales, 2001). En contraste la pérdida de calcio y magnesio parece ser producto del intercambio iónico en la pared celular. El mismo autor reporta que el Ca^{2+} disminuye conforme aumenta la salinidad en el medio, encontrando una acumulación de 100 μ moles de Na^+ /gr PS. Desplaza la mitad del calcio en la hoja.

Uno de los factores determinantes de la tolerancia celular a la salinidad reside en la capacidad de mantener una alta relación K^+/Na^+ en el citosol. Un caso aparte lo constituye la entrada de aniones, que pueden interferir con la absorción de nutrientes como Ca^{2+} y NO_3^- e inducir deficiencias, o bien presentar distinto grado de toxicidad (Cl^- o SO_4^{2-}) (Grattan y Grieve, 1994).

La compartimentación del Na^+ en la vacuola, al tiempo que libera al citosol del exceso de Na^+ , contribuye a disminuir el potencial osmótico y ajustar el

potencial hídrico celular para permitir la absorción de agua durante el estrés salino (Glenn *et al.*, 1999).

La tolerancia de un cultivo a la reducción de la producción por salinidad es un carácter complejo, que involucra respuestas al estrés iónico y osmótico a nivel celular, la coordinación de esas respuestas a nivel de organismo y su interacción con el medio circundante (Cheeseman, 1988; Yeo, 1998).

(Maurel y Chrispeels, 2001). En *Arabidopsis*, el estrés salino produce la activación del gen que codifica una proteína homóloga a la acuaporina de tonoplasto.

(Niu *et al.*, 1995; Maathuis y Amtmann, 1999). Uno de los factores determinantes de la tolerancia celular a la salinidad reside en la capacidad de mantener una alta relación K^+/Na^+ en el citosol.

(Rengel, 1992; Bressan *et al.*, 1998). La presencia de Ca^{2+} puede reducir la magnitud del efecto negativo de la salinidad en el crecimiento, fenómeno que se ha atribuido al efecto estabilizador de la membrana y al mantenimiento de su capacidad selectiva.

Mejoras genéticas

La diversidad de las respuestas frente al estrés salino ha generado dos corrientes de pensamiento sobre las estrategias a seguir en la mejora por métodos moleculares. Una de estas corrientes propone que se debe recurrir a la modificación simultánea de diferentes procesos fisiológicos para conseguir una tolerancia efectiva al estrés salino. El punto de vista alternativo mantiene que se puede mejorar la tolerancia con modificaciones de uno o pocos genes

relacionados, por ejemplo, con el transporte iónico o la síntesis de compuestos osmóticos y protectores (Hasegawa *et al.*, 2000).

El interés por mejorar la tolerancia de los cultivos a la salinidad ha ido creciendo en los últimos años, empleando métodos de mejora y selección tradicionales o producción de organismos modificados genéticamente. La incorporación de genes procedentes de parentales silvestres tolerantes, la domesticación de plantas halófilas silvestres, y la identificación de caracteres relacionados con tolerancia empleando marcadores moleculares (Ashraf, 1994; Shannon, 1997; Yeo, 1998), o bien la incorporación de genes cuya expresión modifica mecanismos bioquímicos y fisiológicos involucrados en la tolerancia (Jain y Selvaraj, 1993; Yeo, 1998; Hasegawa *et al.*, 2000)

La transformación de plantas con genes aislados de distintos organismos ha permitido expresar caracteres de relacionados con mayor tolerancia al estrés salino, como la actividad de transportadores iónicos (Apse *et al.*, 1999), sus sistemas de regulación (Pardo *et al.*, 1998), o sistemas enzimáticos que modifican la pared celular (Amaya *et al.*, 1999), reducen los daños por estrés oxidativo (Roxas *et al.*, 2000) o conducen a la síntesis de compuestos con función osmótica o protectora del metabolismo celular (Tarczynski *et al.*, 1993; Kavi Kishor *et al.*, 1995).

Por métodos de mejora genética tradicional, como selección y cruzamientos, se han conseguido variedades o líneas más productivas para condiciones de salinidad en cultivos como alfalfa, arroz, cebada, sorgo, tomate y trigo (Ashraf, 1994; Flowers y Yeo, 1995).

(Shannon, 1997). Por métodos de mejora genética tradicional, como selección y cruzamientos, se han conseguido variedades o líneas más productivas

para condiciones de salinidad en cultivos como alfalfa, arroz, cebada, sorgo, tomate y trigo.

El carácter poligénico de la tolerancia al estrés salino ha sido el principal obstáculo para la mejora genética (Shannon, 1997).

Otras investigaciones sobre el efecto de la salinidad.

Maslenkova *et al*, en 1993, trabajando con cebada reportan que la salinización 100mM afecta en mayor magnitud al complejo liberador de oxígeno que al centro de reacción de PSII. En 1998 trabajando con eucaliptos salinizados concluye que el lado oxidante del PSII donde el oxígeno es liberado es particularmente sensible a un gran número de estreses incluyendo la salinidad.

Sin embargo, en otros cultivos la identidad de los caracteres relacionados con tolerancia es menos evidente. Por ejemplo, en tomate y algodón, donde la tolerancia al estrés salino parece estar más relacionada a una compartimentación efectiva del ión Na⁺ en las células que a una alta selectividad o exclusión a nivel radical, no existen marcadores fisiológicos definidos (Cuartero *et al.*, 1992; Leidi y Gorham, 1998; Romero-Aranda *et al.*, 2001)

Bole y Wells (1979) encontraron mayor tolerancia absoluta y relativa a condiciones de salinidad moderada en cebadas de seis carreras respecto a las de dos carreras, asociándolo a una mayor capacidad de producción de materia seca, mayor longitud de espiga y un mayor índice de cosecha.

Patel (1973) observó en maíz, sorgo y trigo que el contenido de K en el tejido de la planta disminuye progresivamente con el aumento de la salinidad debido a una absorción más alta de sodio.

(Flowers *et al.*, 2000; Koyama *et al.*, 2001). Sin embargo, en otros cultivos la identidad de los caracteres relacionados con tolerancia es menos evidente. Por ejemplo, en tomate y algodón, donde la tolerancia al estrés salino parece estar más relacionada a una compartimentación efectiva del ión Na⁺ en las células que a una alta selectividad o exclusión a nivel radical, no existen marcadores fisiológicos definidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Desarrollo del trabajo

El trabajo de investigación fue llevado a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Producción de Semillas del departamento del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS), localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) ubicada en Buenavista, a 7 Km. al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila.

Material genético

En el presente trabajo de investigación se utilizaron 9 líneas y un testigo comercial, considerados como tolerantes a salinidad, líneas generadas en el programa de cereales de la UAAAN, los materiales fueron cultivados en las localidades de Zaragoza Coahuila y Navidad Nuevo León, en el ciclo 0-1 del 2007 los genotipos se identifican en la siguiente tabla:

| Genotipos | Identificación |
|------------------|-----------------------|
| AN-2 | 2 |
| AN-4 | 4 |
| AN-6 | 6 |
| AN-8 | 8 |
| AN-10 | 10 |
| AN-12 | 12 |
| AN-14 | 14 |
| AN-16 | 16 |
| AN-18 | 18 |
| Bacanora | 20 |

Tratamientos

Se emplearon cuatro tratamientos que consistieron en concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) más un testigo comercial el cual solo fue tratado con agua destilada: el T1 = 200 mM (11.6 gr. de NaCl en un L de agua destilada), T2 = 300 mM (17.4 gr. de NaCl en L de agua destilada), T3 = 400 mM (23.2 gr. de NaCl en L de agua destilada), T4 = 500 mM (29 gr. de NaCl en L de agua destilada), T5= Testigo (agua destilada).

Variables evaluadas

Calidad física

Peso volumétrico

Se realizó mediante el uso de un recipiente de volumen conocido, dejando caer la semilla libremente desde una altura de 10 cm y eliminando el exceso con un regla, en movimientos de zig-zag, pesando la cantidad de semilla en una balanza granataria de 0.001 g de precisión se reportó el resultado en peso hectolítrico (Kg HL^{-1}).

Peso de mil semillas

Se realizó conforme a las Reglas de ISTA (2004), tomando manualmente al azar ocho repeticiones de 100 semillas de cada material. Cada una de las ocho repeticiones se pesaron en una balanza analítica de 0.0001 g de precisión; Se determinó el peso de mil semillas considerando el promedio de cada genotipo multiplicado por diez.

Contenido de humedad

Se determinó por el método indirecto en el determinador de humedad Motomco marca 919, utilizando 250 g de muestra por cada genotipo.

Calidad fisiológica

Después de aplicar el tratamiento salino se evaluó la calidad fisiológica mediante pruebas de germinación y vigor según las reglas de la ISTA (2004).

Capacidad de germinación

Se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas por genotipo, en papel de germinación anchor previamente humedecido y con otro cubriendo la semilla a formar un taco por cada repetición, colocando los tacos en una bolsa de polietileno y llevados a una cámara germinadora a 25 ± 1 °C con 8 horas de luz y 16 horas de oscuridad por siete días. Se evaluó el número de plántulas normales (PN), anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG) conforme al manual de la Association of Official Seed Analysis (AOSA, 1992).

Pruebas de vigor

Prueba de envejecimiento acelerado (EA)

Se utilizó el método de la AOSA (1993), colocando 100 semillas por material en una humedad relativa de $\pm 95\%$, por un tiempo de 48 horas a 42°C, al finalizar el periodo de envejecimiento se realizó una prueba de capacidad de germinación tal como se describió anteriormente, evaluando las plántulas normales, anormales y semillas sin germinar.

Longitud media de plúmula (LMP)

Se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas para cada material, conforme a la metodología descrita por Perry (1977) y evaluando los materiales al inicio y después de la prueba de envejecimiento acelerado, considerando las plántulas normales para la prueba de longitud media de plúmula.

Al final del ensayo se contó el número de plúmulas que estuvieron situadas en cada paralela. A las líneas se les asignó un valor de 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13 cm valor del punto medio de cada paralela a la línea central.

El número de plúmula que quedo en cada línea se multiplico por la correspondiente distancia y se sumo, dividiendo así la longitud total entre el número de semillas (25), como sigue:

$$L = \frac{(nx1+nx3+\dots\dots\dots nx13)}{25}$$

Donde:

L = Longitud media de plúmula en cm.

n = Número de plúmulas entre dos paralelas.

x = Distancia del punto medio de paralelas a línea central.

Las plántulas clasificadas como anormales se excluyen del conteo.

Longitud promedio de radícula (LMR)

De las plántulas normales resultantes de la prueba de longitud media de plúmula de cada genotipo estudiado, se evaluaron las radículas de cada una de ellas, utilizando una regla expresando el resultado en centímetros. La evaluación se determinó antes y después de la prueba de envejecimiento acelerado.

Tasa de crecimiento de plántula (Peso seco - PS -).

Para esta variable se consideró la metodología descrita por la AOSA (1993 y 1992), evaluando los materiales antes y después de someterse al envejecimiento acelerado, sembrando cuatro repeticiones de 25 semillas de cada genotipo en papel de germinación y formar tacos como prueba de capacidad de germinación, colocándolos en la cámara de germinación a 25 ± 1 °C con 8 horas luz y 12 horas oscuridad por 7 días; se evaluaron las plántulas normales, las cuales se colocaron en bolsas de papel estraza y llevadas a una estufa a 65 ± 1 °C, por 24 horas; determinando el peso seco en una balanza analítica de 0.0001 g de precisión

Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado para las variables evaluadas en el laboratorio fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial de AxB donde A corresponde al genotipo, B a los tratamientos, para los cuales se utilizaron cuatro repeticiones. Los análisis de datos se realizaron mediante el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1989), con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Valor observado.

μ = Efecto de la media general.

α_i = Efecto de la i-ésima extracción

β_j = Efecto del j-ésimo tratamiento

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i-ésima extracción con el j-ésimo tratamiento

ϵ_{ijk} = Error experimental.

Comparación de Medias

Se utilizo la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS), la cual según Steel y Torrie (1980), se calcula mediante:

$$DMS = (t_{\alpha/2, g.l.EE}) (\sqrt{2CMEE/r})$$

Donde: CMEE = Cuadrado medio del error.

r = Numero de observaciones usadas para calcular un valor medio.

α = Nivel de significancia.

g.l.EE = Grados de libertad del error experimental.

t = Valor tabular que se usa en la prueba, con los grados de libertad del error y el nivel de significancia apropiado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Pruebas físicas

Peso de Mil Semillas

En el análisis de varianza para esta variable se encontró una alta significancia $P > 0.05\%$ entre los genotipos lo cual indica que los genotipos son de diferentes tamaños y peso (Cuadro 4.1) con un coeficiente de variación de 2%. En el mismo Cuadro también se muestra la comparación de medias entre los genotipos, resultando estadísticamente con mayor peso G14 y G16, seguido de G18, en cambio el testigo (Bacanora) resultó ser el de más bajo peso con 28 g, esto nos indica que el testigo se trataba de una semilla pequeña a comparación de los genotipos G14, G16 y G18 quienes eran de tamaño más grande y por lo tanto más pesadas (Figura 4.1).

Por lo que diversos autores han reportado diferencias en el tamaño del grano de trigo.

Cuadro 4.1 Cuadros medios y comparación de medias en calidad física de 10 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) con características de tolerancia a salinidad.

| FV | GL | PMS Gramos | CH % | PV Kg/HL |
|------------------------------|----|---------------|---------|-------------|
| Genotipos | 9 | 28.7** | 0.8** | 73** |
| Error | 20 | 0.4 | 0.01 | 0.7 |
| Comparación de Medias | | | | |
| G2 | | 31.9 cd | 9.9 b | 60.1 c |
| G4 | | 29.3 g | 8.7 e | 55.1 e |
| G6 | | 32.9 c | 9.9 b | 64.2 ab |
| G8 | | 30.1 fg | 9.4 cd | 52.9 g |
| G10 | | 31.5 de | 9.5 c | 54.9 ef |
| G12 | | 30.7 ef | 8.9 e | 53.5 fg |
| G14 | | 36.5 a | 9.9 b | 65.4 a |
| G16 | | 37.0 a | 10.2 a | 64.5 ab |
| G18 | | 35.2 b | 9.9 b | 63.2 b |
| G20 | | 28.0 h | 9.2 d | 58.3 d |
| C.V. | | 2 % | 0.93% | 1.5% |

**=Alta significancia al 0.05% de probabilidad; GL= grados de libertad; PMS= Peso de mil semillas; CH=Contenido de humedad; PV= Peso volumétrico, C.V.= Coeficiente de variación.

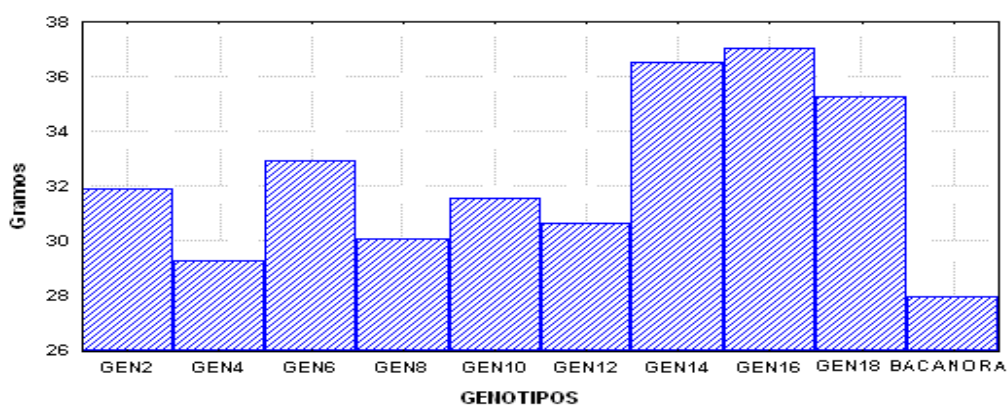


Figura 4.1 Comportamiento de la calidad física mediante el peso de mil semillas en 9 genotipos de trigo y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad.

Contenido de Humedad

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza se observó una alta significancia ($P < 0.01$) entre los genotipos lo cual indica que los genotipos poseen diferente capacidad de retención de agua (Cuadro 4.1) Siguiendo con el mismo cuadro en la comparación de medias se puede apreciar que estadísticamente el genotipo con mayor contenido de humedad fue G16, seguido por un segundo grupo estadístico G2, G6, G14 y G18; que en comparación del testigo (Bacanora) este tuvo un CH de 9.2%. En la Figura 4.2 se puede observar que G4 obtuvo el menor CH seguido de G12, indicando que estos tienen menos capacidad de retención, esto puede deberse a que la humedad del grano depende principalmente de las condiciones del ambiente en que se reciben y de la capacidad que esta tenga para retener humedad según la Internacional Seed Testing Asociación (1996). También es de remarcar que a pesar de que la semilla del testigo es pequeña tiene un CH mayor que G4 y G12 quienes en el PMS resultaron de mayor valor que el testigo.

El peso de mil semillas tienen una estrecha relación con el contenido de humedad, ya que depende principalmente de la cantidad de agua que contienen los materiales y el peso seco que pudieran tener debido a la madurez fisiológica, podemos deducir que a mayor humedad podemos tener mayor peso de mil semillas; sin embargo estas dos variables también están estrechamente relacionadas con el peso volumétrico.

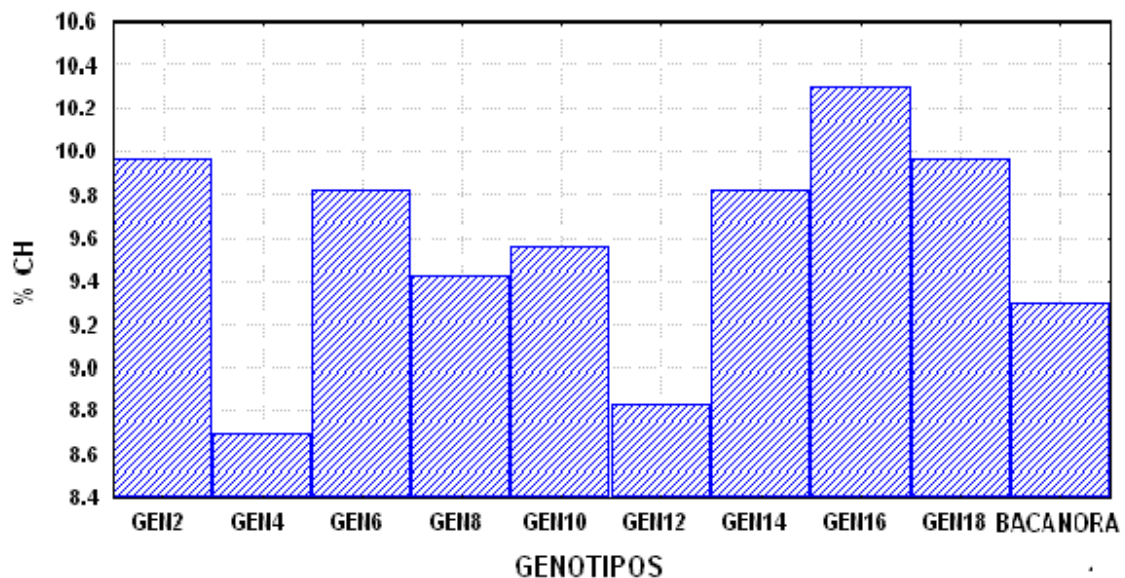


Figura 4.2 Comportamiento de la calidad física mediante el contenido de humedad en 9 genotipos de trigo y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad.

Peso volumétrico

Con relación a esta variable se observaron diferencias altamente significativas entre genotipos, resultando que los materiales en todas sus características físicas fueron diferentes. En el Cuadro 4.1 se observa la comparación de medias de esta variable, donde se registró que estadísticamente el genotipo G14 obtuvo el mayor valor de peso volumétrico con 65.4 Kg/Hl seguido de G6, G16 y G18 formando el mismo grupo. En cambio G8 y G12 fueron los que presentaron el más bajo PV, este resultado refleja que en uno de los genotipos (G8) tiene un bajo PMS y un CH intermedio (9.4%) mientras que el otro (G12) tiene un PMS mayor y un CH que G8 lo cual demuestra que estas características tienen una relación directa con PV de las semillas. El testigo (Bacanora) por su parte presentó un PV intermedio por tener un PMS más bajo y un CH considerado entre los genotipos estudiados como intermedio.

El peso volumétrico como ya se había mencionado, tiene una relación directa con el contenido de humedad, por ejemplo cuando la semilla tiene bajos contenidos de humedad, requieres mayor cantidad de esta en un volumen determinado dando un peso volumétrico alto, en cambio cuando la semilla resulta con alto contenido de humedad su PV será bajo, debido a que la semilla se encuentra hinchada, ocupa más espacio en el volumen determinado y por lo tanto hay menos cantidad semilla en volumen dando. Sin embargo en la Figura 4.3 el que resulto con el mayor PV fue G14 con 65.4 Kg/HL y un PMS mayor y un CH menor que G16, pero G16 tuvo un PMS mayor y CH al igual que el G14 y su PV resulto de 64.5 Kg/HL.

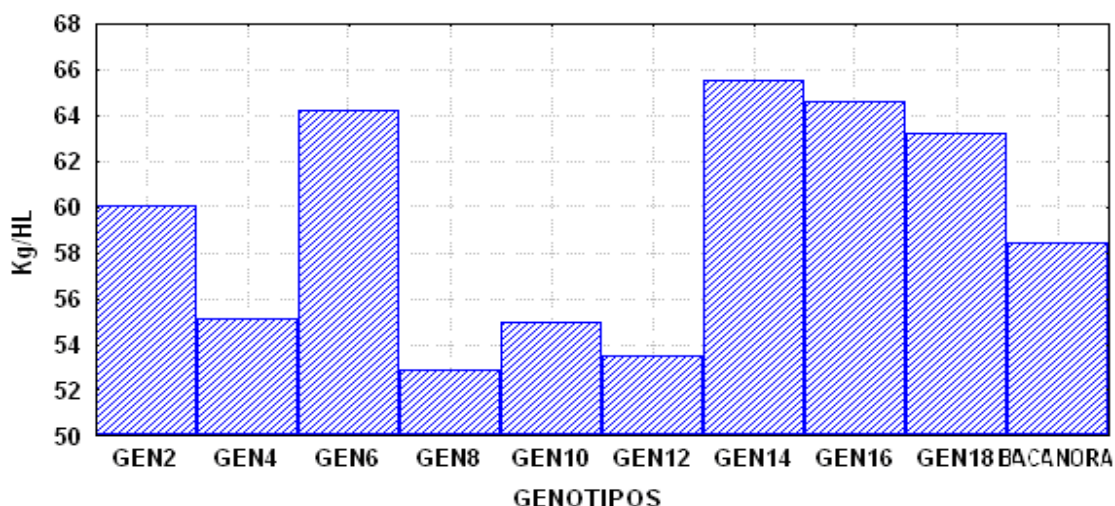


Figura 4.3 Comportamiento de la calidad física mediante el peso volumétrico en 9 genotipos de trigo y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad.

Calidad fisiológica

Capacidad de germinación (Plántulas normales)

En el ANVA de esta prueba se encontró que en todas las variables existió una alta diferencia significativa entre los tratamientos empleados y los genotipos estudiados, así como la interacción genotipos por tratamientos (Cuadro 4.2). con un coeficiente de variación de 23.3%; en este mismo cuadro se presenta la comparación de medias de los genotipos en los tratamientos, observando que el genotipo que mayor capacidad de germinación en los tratamientos fue G6, seguido de G8 ya que se encontraron en el mismo grupo, sin embargo los genotipos G12, G14 y G18 resultaron estadísticamente iguales entre ellos considerando al genotipo G8, sin embargo existieron otros genotipos con muy bajos valores en las medias generales de tratamientos como fueron G2 y G4 seguidos en el grupo G10, G18 y Bacanora, resultando muy afectados por las concentraciones de sal aplicadas en los tratamientos.

Cuadro 4.2 Cuadros medios y comparación de medias en calidad Fisiológica de 10 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) con diferentes concentraciones de cloruro de sodio.

| FV | SSG | PN | PA | LMP | LMR | PS | |
|------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----|
| GL | | | | | | | |
| TRAT | 4 | 7605.7** | 20931.0** | 11109.8** | 74.52** | 1097.7** | 0.0 |
| GENO | 9 | 7727.1** | 345.9** | 5266.5** | 0.962** | 2.27** | 0.0 |
| TRAT X GENO | 36 | 675.1** | 687.16** | 1159.9** | 1.59** | 4.15** | 0.0 |
| ERROR | 150 | 97.9 | 54.9 | 114.9 | 0.19 | 2.16 | 0.0 |
| COMPARACIÓN DE MEDIAS | | | | | | | |
| G2 | 44.0 c | 11.4 d | 44.6 b | 0.59 de | 4.2 ab | 0.0 b | |
| G4 | 71.8 a | 11.0 d | 18.2 d | 0.58 de | 4.0 ab | 0.0 b | |
| G6 | 8.4 e | 24.2 a | 67.4 a | 1.05 ab | 3.7 ab | 0.0 b | |
| G8 | 11.0 e | 20.0 ab | 69.0 a | 0.83bcd | 3.4 ab | 0.0 b | |
| G10 | 44.8 c | 12.8 cd | 42.4 b | 0.48 e | 3.7 ab | 0.02 a | |
| G12 | 55.8 b | 16.8 bc | 27.4 c | 1.16 a | 4.3 a | 0.0 b | |
| G14 | 41.8 cd | 17.4 bc | 40.8 b | 0.92 abc | 4.2 a | 0.0 b | |
| G16 | 36.4 d | 16.8 bc | 46.8 b | 0.94 abc | 3.7 ab | 0.0 b | |
| G18 | 41.2 cd | 13.6 cd | 45.2 b | 0.72 cde | 3.3 b | 0.0 b | |
| G20 | 58.4 b | 13.2 cd | 28.4 c | 0.92 abc | 3.9 ab | 0.0 b | |
| CV | 23.3% | 47.2% | 47.2% | 53.7% | 38.3% | 0.0% | |

**=Alta significancia al 0.05% de probabilidad; GL= grados de libertad; SSM= semillas sin germinar; PN=plántula normal; PA= plántula anormal, LMP= longitud media de plumula ; LMR= longitud media de radícula ;PS= peso seco; C.V.= Porcentaje del coeficiente de variación.

En la Figura 4.4, muestra la comparación de la capacidad de germinación de los genotipos entre las diferentes concentraciones de sal, observando que en el T1 (200 mM), el genotipo G6 obtuvo una germinación de 82% seguido de G8 con 59%, quienes mostraron obtener los mejores valores entre los genotipos aunque G6 sobresale por obtener el mayor valor; mientras que el testigo (Bacanora) presentó un porcentaje de 23% lo cual indica que no logró tolerar esta concentración, este mismo efecto lo obtuvieron los genotipos restantes. En el caso

de los tratamientos T2, T3 y T4 (300, 400 y 500 mM respectivamente), se encontró que todos los genotipos no presentaron germinaciones con excepción de G10 en T4, con un porcentaje de 2%, coincidiendo con Koyro (2006), quien menciona que las plantas en condiciones salinas reducen el crecimiento y la toma de nutrientes.

Sin embargo, el grado de disminución de la germinación de semillas varía con la especie y con el tipo de sal. Con respecto al comportamiento que se tuvo en el tratamiento con agua, se observó que el mayor porcentaje de germinación lo presentaron G12, G14, G16 y G18 con valores por arriba del 63% hasta 71%; esto nos puede determinar que los materiales estudiados no contaban con suficiente germinación inicial, por lo que al someterse al estudio ya se tenía una desventaja; por otro lado Bacanora también tenía una muy baja calidad fisiológica ya que obtuvo un 42%. Sin embargo también se puede ver que aún teniendo poca calidad algunos materiales por efecto de la concentración de sal puede elevar su germinación como fue en el caso de G6 y G8 que en T5 presentaron porcentajes por debajo del 41% y en T1 como se mencionó que reportaron valores mucho más altos. Así mismo se puede decir que el comportamiento de la germinación (PN) es muy similar al encontrado por Méndez, *et al.* (1997) en su estudio con maíz aplicando Na_2SO_4 , donde el porcentaje de germinación se incrementó un 9.45 % a -3 bares, para luego disminuyó con incrementos del potencial, que en este caso corresponde al incremento de la concentración de NaCl.

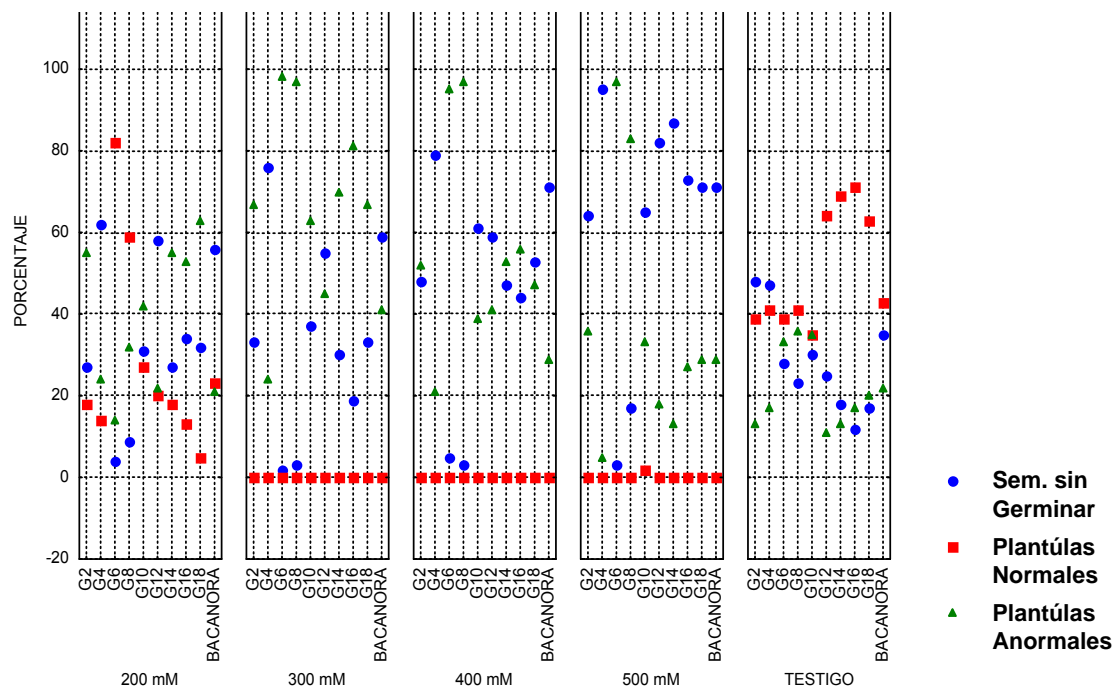


Figura 4.4 Medias de la capacidad de germinación en 9 Líneas elite de trigo forrajero (*Triticum aestivum* L.) y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad en diferentes concentraciones de NaCl.

Plántulas anormales

En las plántulas anormales, se encontró una diferencia altamente significativa entre los genotipos con un CV de 47.2% mostrado en el Cuadro 4.2; en la prueba comparación de medias se puede ver que el genotipo G4 obtuvo menor porcentaje de plántulas anormales con una media general en los tratamientos de 18.2%; mientras que G6 y G8 (medias generales 67.4 y 69.0 % de cada uno) resultaron con mayor porcentaje de plántulas anormales considerados los más afectados por los tratamientos observadas en el mismo Cuadro, mientras que G2, G10, G14, G16, G18 se encontraron en un mismo grupo seguidos por Bacanora y G12, todo ello indicó que la semilla empezaba a tener algún grado de deterioro, como mencionan algunos autores (Roberts, 1986; Spears, 1995) que la baja germinación, el aumento de plántulas anormales y otras características que conllevan a los índices de deterioro de la semilla hasta llegar a su muerte.

Considerando lo anterior, se puede observar con mayor detalle en la Figura 4.4, el comportamiento de cada genotipo en cada tratamiento, por ejemplo, uno de los genotipos más afectados en el T1, fue G18 con 63% seguido por G2, G14, G16 con un 58% de anormalidad; mientras que el genotipo que presentó el más bajo nivel de anormalidad presentó fue el G6 con 14%.

En el tratamiento T2, fue aumentando el efecto negativo de la salinidad donde los genotipos G6 y G8 obtuvieron valores de 98% de anormalidades, seguidos por el G16 con el 81%, en que tanto G2, G10, G14 y G18 presentaron de 62% a 71% de plántulas anormales; luego se observó a G12 y Bacanora con un 40 y 45%, mientras que G4 resultó en comparación de los anteriores con valores bajos en la anormalidad con 23%. En el caso del T3 podemos observar que la tendencia fue la misma que en el tratamiento anterior, donde nuevamente el G6 y G8 se mantuvieron con el 98% de anormalidad y dentro de un mismo grupo encontramos a los genotipos G2, G12, G14, G16 y G18 con un porcentaje de 40 y 58 % y los más bajos fueron G4, G10 y Bacanora con un 20 y 39 %.

En lo que respecta al tratamiento T4, aún más se detectó el efecto negativo de la concentración de sal ya que disminuyó el porcentaje de anormalidades pero aumentó el de semillas muertas o sin germinar, y en los genotipos donde se tenían valores relativamente bajos de anormalidades, aumentó drásticamente el porcentaje con excepción del genotipo G6 que se mantuvo en los tres últimos tratamientos con alto porcentaje de 98% seguido por el G8 con 83%; en el caso de disminución de PA fue el grupo conformado por G2, G10, G16, G18 y Bacanora con un porcentaje entre 27 y 38% de quienes se comentará un poco más adelante.

En comparación con el tratamiento con agua (testigo), se ve claramente que el G8, obtuvo el más alto porcentaje de plántulas anormales con 36% seguido por el G6 con 34% junto con Bacanora y G18 (20 y 22% respectivamente) fueron los que presentaron mayor número de anormalidades lo cual se puede mencionar que

estos materiales contaban con una baja calidad inicial, sin embargo los genotipos G2, G4, G12, G14 y G16 resultaron tener bajos porcentajes entre 15 y 17% de anormalidad.

Semillas sin germinar

En el caso de semillas sin germinar, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos y los genotipos estudiados con un CV de 23.3%; con respecto a la comparación de medias los genotipos G6 y G8 obtuvieron bajos porcentajes de plántulas anormales y por consecuencia un alto índice de semillas muertas con una media de 71.8%, otro grupo fue el genotipo G4 seguido por G12 y Bacanora con una media que va desde 58.4% y 55.8 mientras que G2, G10, G14, G16 y G18 con 41.2 y 44.8% se encontraron en el mismo grupo no así en la Figura 4.4 donde se ve claramente que los genotipos con menor porcentaje de germinación obtuvieron son los G6 con 4% y G8 con 9% y el que más alto porcentaje de semillas muertas presentó en el T1 fue el G4 con 62% seguido por el G12 y Bacanora con 58% y en un mismo grupo encontramos a los genotipos G2, G10, G14, G16 y G18 desde 26 a 36%.

En genotipos que presentaron el más alto índice de semillas sin germinar o semillas muertas en T2 fue G4 con 78% seguido por G12 y Bacanora con 56 y 59% respectivamente, que se incluyeron en el mismo grupo a los genotipos G2, G10, G14 y G18 con un promedio de 26 y 38% y los más bajos fueron G6 con 4% y G8 con 9%; en los tratamientos T3 y T4, existió una respuesta con la misma tendencia G4 resultó con mayor número, seguidos por G14 y G16 y luego por G6 y el G8; por último en el tratamiento con agua (testigo) los genotipos G2 y G4 tuvieron un igual de anormalidad y de semillas muertas, mientras que los demás la tendencia fue de mayor semilla sin germinar que en anormalidades que fueron entre 19% y 37% de anormalidad. Una causa por la que los genotipos se comportaron de tal forma fue debido al deterioro que presentó la semilla como lo menciona Powell et al., (1988), que las semillas muertas y plántulas anormales

demuestran el deterioro de la semilla, y otra que la baja capacidad de germinación, descrito por Alizaga et. al; (1994), se traduce en la reducción del poder germinativo como consecuencia avanzada del proceso de deterioro. Por lo tanto, no se aprobarían en una certificación por la baja calidad que presentaron y como consecuencia no se podrían registrar.

Vigor

Longitud Media de Plúmula (LMP)

Con respecto a esta variable en el ANVA se encontró una diferencia altamente significativa entre los tratamientos y los genotipos estudiados, así como la interacción genotipos por tratamientos con un coeficiente de variación de 53.7% mostrado en el Cuadro 4.2, en el mismo se puede observar que la comparación de medias de los genotipos resultó que estadísticamente se obtuvieron cinco grupos, el primer grupo se dio por G12 con una LMP de 1.16 cm, seguido de G6, G14, G16 y Bacanora con valores entre 1.16 a 0.92 cm quienes formaron también el siguiente grupo, quedando en último grupo con G10 (LMP de 0.48 cm), esto no indica que los materiales estudiados no presentaron vigor ya que sus valores estuvieron muy bajos, confirmando nuevamente que no se contó con material de calidad para la realización del estudio. Estos resultados concuerdan con lo observado por Perry (1987), donde determinó que el valor máximo de esta variable debe ser por arriba de 13 para considerarse la semilla de alto el vigor.

En la Figura 4.5, se observan los valores numéricos de los genotipos en cada tratamiento donde en T1, el genotipo G6 obtuvo el más alto valor con 3.04 cm, seguido por G8 y Bacanora 1.83 y 1.31 cm respectivamente, mientras que los restantes genotipos se encontraron entre 0.15 a 0.99 cm; en los tratamientos T2, T3 y T4 no se obtuvieron plántulas normales por lo

tanto no se logro evaluar esta variable, sin embargo en el tratamiento T4 existió el G10 con una germinación de 2% resultando una LMP de 0.24 cm, podemos decir que la poca germinación que presentó este material resulto tener una LMP, pero por el valor no es significativo indicando que no hay vigor en la semilla, pero si podemos deducir que posiblemente si este material fuera más vigoroso o simplemente tuviera mayor calidad se consideraría un material tolerante a salinidad en comparación a los otros materiales estudiados.

En lo que respecta al tratamiento con agua los genotipos que presentaron los más altos valores de LMP fueron G12 seguido por G14, G16, G18 y BACANORA (4.99, 4.02, 4.29, 3.48 y 3.31 cm respectivamente) ya que los demás genotipos se mantuvieron en un mismo rango de 2 2.5 cm. Estos resultados concuerdan con lo observado por Perry (1987), donde determinó que el valor máximo de esta variable debe ser por arriba de 13 para considerarse la semilla de alto el vigor.

Longitud Media de Radícula (LMR)

Con lo que respecta a LMR se encontraron diferencias altamente significativas en todos los tratamientos y genotipos evaluados con un coeficiente de variación de 38.3 %. En la prueba de comparación de medias los genotipos con mayor valor de LMR fueron G4 y G14 con 4.3 y 4.2 cm, seguidos por otro grupo conformado por los genotipos G2, G4, G8, G10, G16, G18 y BACANORA, sin embargo G18 resultó numéricamente el más bajo con 3.3 cm.

En la Figura 4.5, se muestra que en T1, todos los materiales resultaron tener valores por arriba de 4.8 hasta 10.20 cm de longitud donde G4 obtuvo el más alto valor (10.2 cm), mientras que G18 el más bajo (4.8 cm); G2 y

G12 obtuvieron valores similares entre 9..8 y 9.6 cm, en los genotipos G6, G8 y Bacanora también resultaron con valores similares entre 8.7 y 8.9 cm de longitud; G10 y G16 se encontraron muy similares sus valores con 6.9 cm y 6.7 cm respectivamente; por último resultado el más bajo G18 con 4.84 cm de LMR.

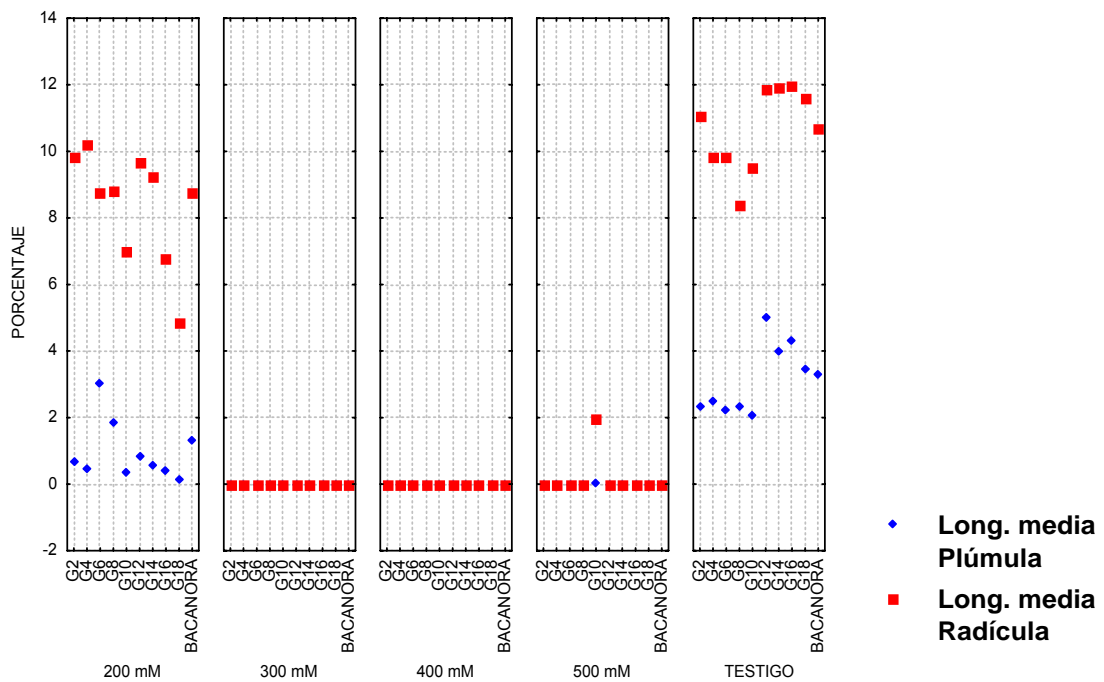


Figura 4.5 Medias de la longitud media de plúmula y radícula en 9 Líneas elite de trigo forrajero (*Triticum aestivum* L.) y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad en diferentes concentraciones de NaCl.

En los tratamientos T2, T3 y T4 no hubo crecimiento de raíz; con excepción en T4, donde G10 resultó con 1.9 cm de LMR; con respecto al tratamiento con agua (testigo), todos los genotipos obtuvieron una elevada LMR, sobresaliendo los más altos G12, G14, G16 con 11.96 cm y el mas bajo G8 con 8.36 cm, lo cual corrobora nuevamente que los materiales contaban con poco vigor.

Estos resultados fueron diferentes a los encontrados por Elizalde (2008) ya que los materiales fueron expuestos al estrés salino en un tiempo determinado (24 horas), resultando una tendencia con mayor valor positivo al aumentar la salinidad en Bacanora, G4 y G8, mientras que en el genotipo G12 la tendencia fue menor, sin embargo en todas las líneas aumento de manera positiva al incrementar la concentración de NaCl, comportamiento contrario a lo encontrado por Jeannet *et al.* (2002) en frijol, donde se redujo considerablemente la elongación de hipocotilo con el aumento de salinidad.

Este comportamiento de materiales en las concentraciones aplicadas es debido a que entre mayor es la concentración de sal menor el incremento de la raíz comparado con Musito *et al.* (2004) encontró tendencias similares en maíz, estos autores mencionan que la longitud de radícula no disminuyo con el incremento en salinidad. Y Jeannette *et al.* (2002) encontró que la biomasa de la radícula de frijol se redujo con el incremento en salinidad. El incremento de longitud podría asociarse a que la concentración de lípidos totales y fosfolípidos en raíces tienden a incrementarse significativamente con el incremento de NaCl como lo encontró Leopold & Willing (1984) en semillas de cebada.

Tasa de crecimiento de plántula (Peso seco, PS)

Con respecto a esta variable en el análisis de varianza se observa que no hubo respuestas por la poca germinación que presentaron las semillas en los diferentes tratamientos (Cuadro 4.2); por lo tanto no se obtuvo coeficiente de variación mostrando un valor mínimo en la comparación de medias. Sin embargo en la Figura 4.7 se observa que una respuesta en los tratamientos T1 y testigo, donde en el primero numéricamente presento el mayor peso seco G4 con 0.06 mg/ plántula, seguido de G2 con 0.02 mg/ plántula y G10 con 0.01 mg/plántula; aunque fueron muy bajos los valores se logró determinar la diferencia de respuesta en los diferentes genotipos.

En los tratamientos T2, T3 y T4 no se obtuvieron valores de PS; con excepción en T4 donde G10 obtuvo un valor de 0.08 mg/plántula; mostrando que las concentraciones de sal afectaron la producción de materia seca de la plántula; pero esto se viene manifestando desde la poca obtención de plántulas normales con las cuales se evaluó esta prueba.

En el caso del Testigo (tratamiento con agua) no se encontraron valores significativos, solo se encontró a G10 con un peso debajo de 0.02 mg/plántula; estos resultados nos confirman nuevamente que los materiales no contaron con una calidad fisiológica aceptable, debido a el origen de donde proviene la semilla. Sin embargo en lo que se refiere al comportamiento del peso seco en relación a la concentración de sal, podemos deducir que conforme se aumento el nivel de sal, el peso de plántula fue disminuyendo, coincidiendo con Jaradat *et al.*, (2004) y Mara *et al* (2006) quienes mencionan que el peso seco se reduce al estrés por salinidad durante la prueba de germinación donde el sustrato fue imbibido con las concentraciones de sal.

A diferencia de lo que obtuvo Elizalde (2008) que el peso seco no fue afectado en todas las concentraciones que aplicó, solo 100 y 200 mM de sal, afecto el peso seco de Bacanora pero a 300 y 400 mM aumento su peso, este mismo comportamiento lo presentó la línea 19, aplicando 100 y 300 mM de sal disminuyó el peso seco mientras que a 200 y 400 mM aumento. Otra línea con tendencia positiva fue 3, la cual aumento su peso seco conforme se incrementó la concentración de sal, teniendo valores superiores que Bacanora y la línea 19.

De acuerdo a lo antes expuesto los resultados obtenidos por Mahalati. *et al* (2005) menciona que el peso seco incrementa conforme se aumenta el nivel de salinidad en el suelo en plantas traídas del desafío y salinas grande; estos valores se dan de acuerdo al lugar de procedencia de las semillas.

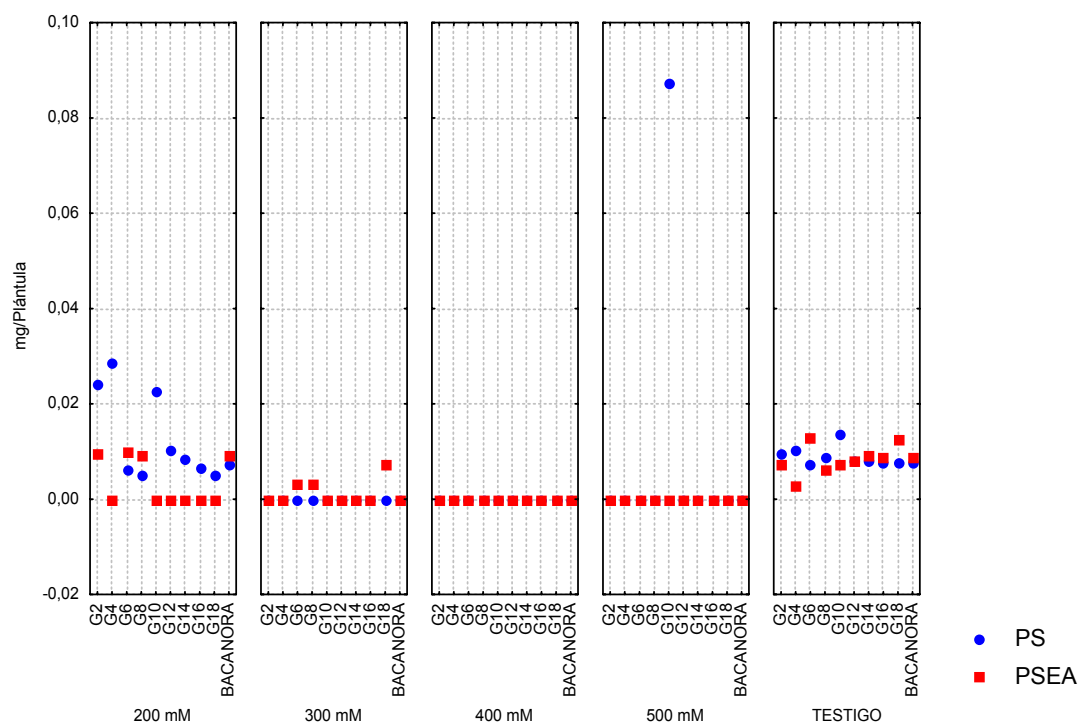


Figura 4.7 Peso seco antes y después de envejecimiento acelerado en 9 Líneas elite de trigo forrajero (*Triticum aestivum* L.) y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad en diferentes concentraciones de NaCl.

Envejecimiento Acelerado

Plántulas Normales EA

En el ANVA para el porcentaje de germinación (PN) después del envejecimiento acelerado, mostró una diferencia altamente significativa entre los genotipos con un CV de 79.7% (Cuadro 4.3); en la prueba de comparación de medias resultaron los genotipos G6, G8 y G18 obtener los mayores porcentajes de germinación con 19.8, 15.8 y 14.8% respectivamente, no siendo los mejores pero fueron los que presentaron los más altos valores de los materiales estudiados.

En la misma prueba de comparación también se encontró que existió un grupo intermedio estadístico formado por G2, G10, G16 y Bacanora quienes mostraron una germinación entre 8 y 13%; en cambio los genotipos G4, G12 y G14 resultaron obtener los más bajos valores de plántulas normales con 1.4, 4.0 y 3.0%; todos estos valores demuestran que el vigor de la semilla estuvo muy bajo en forma general, sin embargo al analizar el comportamiento por cada tratamiento y genotipo se observa claramente que existió diferentes comportamiento aún cuando la semilla contaba con algún índice de vigor, dato que se explica más adelante en la Figura 4.6. Por ejemplo en el T1 se presentó un genotipo mayor germinación G8 con 19% de germinación, seguido por Bacanora 18% y el G6 con 16%, quienes a pesar de tener baja germinación después del EA, soportaron la concentración de sal a 200 mM, que en el caso de G6 si afecto drásticamente su vigor ya que en el testigo obtuvo un porcentaje de 86% (ver la Figura 4.6) y bajo con el T1 hasta 16 % como ya se menciona; a diferencia de otros genotipos que tuvieron una germinación considerable en el testigo por ejemplo G8, G10, G16 y G18 quienes tuvieron 58, 58, 59 y 65% pero al aplicarles el primer tratamiento con sal (T1) bajaron muy rápidamente su vigor que llegó a ser de cero G10, G16 y G18 junto con G2, G4 y G12.

En el caso de T2 hubo un genotipo que obtuvo una mejor respuesta en su vigor aunque no es de sobresalir, pero numéricamente fue el mayor G18 con 16% de germinación, en los demás genotipos no hubo respuesta sucediendo la misma respuesta en T3 y T4, que en forma convencional estos genotipos al ser llevados a campo no tendrían buena respuesta en emergencia, debido a su baja calidad fisiológica.

4.3 Cuadros medios y comparación de medias en calidad fisiológica después del envejecimiento acelerado de 10 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) con diferentes concentraciones de cloruro de sodio.

| FV | SSGEA | PNEA | PAEA | LMPEA | LMREA | PSEA | |
|------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------|
| GL | | | | | | | |
| TRAT | 4 | 14095.7** | 14122.2** | 1746.6** | 84.75** | 610.2** | 0.04* |
| GENO | 9 | 5397.1** | 729.9** | 2503.7** | 5.56** | 26.7** | 0.04* |
| TRAT X GENO | 36 | 686.4** | 548.7** | 404.1** | 4.76** | 24.4** | 0.02* |
| ERROR | 150 | 98.6 | 64.6 | 89.41 | 0.48 | 2.80 | 0.07 |
| COMPARACIÓN DE MEDIAS | | | | | | | |
| G2 | 77.6 cd | 8.0 cd | 14.4 c | 0.6b c | 2.54 bc | 0.003 bc | |
| G4 | 95.4 a | 1.4 e | 3.2 e | 0.03 d | 0.2 e | 0.000 d | |
| G6 | 40.4 f | 19.8 a | 39.8 a | 1.96 a | 2.7 bc | 0.005 a | |
| G8 | 55.0 e | 15.8 ab | 29.2 b | 0.9 b | 3.3 ab | 0.003 ab | |
| G10 | 73.8 d | 13.0 bc | 13.2 c | 0.8 b | 1.3 de | 0.001 d | |
| G12 | 84.0 b | 4.0 de | 12.0 cd | 0.2 cd | 2.1 cd | 0.001 d | |
| G14 | 91.4 a | 3.0 de | 5.6 e | 0.2 cd | 1.8 cd | 0.001 d | |
| G16 | 81.4 bc | 11.8 bc | 6.8 de | 0.8 b | 2.2 bcd | 0.001 d | |
| G18 | 71.4 d | 14.8 ab | 13.8 c | 0.8 b | 3.9 a | 0.003ab | |
| G20 | 77.0 cd | 9.2 c | 13.8 c | 0.7 b | 4.0 a | 0.003ab | |
| CV | 13.3% | 79.7% | 62.3% | 94.6% | 68.2% | 104.5% | |

**=Alta significancia al 0.05% de probabilidad; *= significancia GL = grados de libertad; SSMEA = semillas sin germinar de envejecimiento acelerado; PNEA =plántula normal de envejecimiento acelerado; PAEA = plántula anormal de envejecimiento acelerado, LMPEA = longitud media de plúmula de envejecimiento acelerado; LMREA = longitud media de radícula de envejecimiento acelerado; PSEA = peso seco de envejecimiento acelerado; C.V.= Coeficiente de variación.

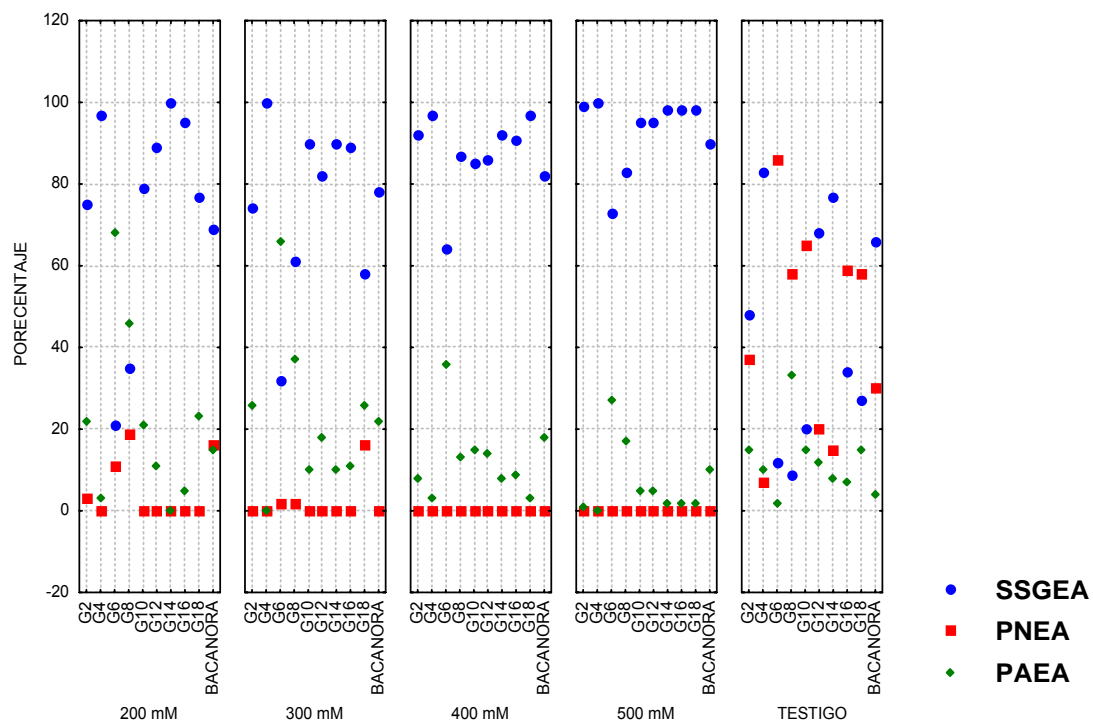


Figura 4.6 Medias de (EA) para semillas sin germinar, plántulas normal y anormal en 9 Líneas elite de trigo forrajero (*Triticum aestivum* L.) y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad en diferentes concentraciones de NaCl.

Plántulas anormales y semillas sin germinar EA

En lo referente plántulas anormales (PA) resultantes después del envejecimiento, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos y los genotipos estudiados con un CV de 62.3%, en el Cuadro 4.3 se muestra los valores de la comparación de medias entre los genotipos estudiados los más bajos en anormalidad fueron G4, G14 y G16; mientras G6 y G8 presentaron un alto índice de anormalidad; sin embargo en el caso de G2, G10, G12, G18 y Bacanora se encontraron en un grupo intermedio desde 12 a 14.4%.

Con respecto a las semillas sin germinar en el análisis de varianza se encontró una diferencia altamente significativa entre tratamientos y genotipos evaluados con un coeficiente de variación de 13.3% (Cuadro 4.3); en la comparación de medias estadísticamente el genotipo que fue mejor por presentar menor índice de semillas muertas fue el G6 con una media de 40.4% y los genotipos que mayor porcentaje de semillas muertas presentaron son los genotipos G4 y G14 con una media de 91.4% y 95.4% seguidos por el G12 y G16 en un mismo grupo encontramos a los genotipos G2, G10, G18 y Bacanora

En cuanto al comportamiento de los genotipos a los tratamientos en la Figura 4.6 podemos observar que en el T1 encontramos que G6 fue quien mayor porcentaje de anomalía presentó con 67% siendo afectado por la concentración; G4 presentó una nula germinación y bajo porcentaje de anomalías llegando a ser el más afectado ya que tuvo un valor muy alto de semillas sin germinar o muertas. También encontramos a G16 y G12 quienes mostraron una baja anomalía por debajo del 20% y un alto de semillas sin germinar, lo cual se encontró nuevamente el efecto negativo por la sal; mientras que los demás genotipos se encontraron en un 20% de anomalía pero con un valor en la germinación como fue el caso de G6, G8 y Bacanora.

En el T2 los genotipos G10, G14 y G16 fueron los que menor porcentaje de anomalía presentaron además de obtener el mayor número de semillas muertas; mientras que en G6 tuvo una mayor anomalía entre todos los genotipos que comparados con el T5 este genotipo había presentado mayor germinación, lo que hace deducir que le afectó evidentemente la concentración de sal; los demás genotipos estudiados presentaron un porcentaje arriba de 20% de anomalía, pero no porque se halla germinaciones normales si no porque tendieron a ser semillas muertas.

En el caso del T3 todos los genotipos estuvieron debajo de 20% existiendo en gran medida anomalías en comparación al testigo (con agua) debido a la presencia de niveles de sal, las semillas se fueron deteriorando y presentando un elevado índice de anomalía y llegando a tener un valor en las semillas por arriba del 80%; el que mayor efecto negativo volvió a presentar fue G6 que obtuvo 38% PA y 62% de SSG, sin embargo G4 y G18 presentaron un 100% de semillas sin germinar, tales no soportaron esa concentración.

En el T4 como era de esperarse, los materiales se comportaron de una forma similar a los tratamientos anteriores a excepción de G6 quien resultó tener un 24% de PA y 76% de SSG lo cual a pesar de ser anormales lograron soportar la concentración de sal; en general el envejecimiento acelerado causó severos daños en los genotipos estudiados dado por el aumento en la cantidad de plántulas anormales presentadas; coincidiendo con Besnier (1989) quien menciona que el envejecimiento puede producir daño en la cromatina, lo que se traduce en un aumento en la aparición de malformaciones en las plántulas y aunado a ello, el efecto de la sal a que fueron sometidos dio por resultados lo que se ha estado describiendo.

Dell'Alquila & Turi (1996) mencionan que la combinación del estrés por deterioro y salinidad puede ser la explicación del comportamiento de los genotipos, ya que encontraron que esta combinación amplifica los síntomas de envejecimiento.

Longitud Media de plúmula después del envejecimiento acelerado

En el ANOVA para esta variable se encontró que existió una diferencia altamente significativa en los tratamientos y genotipos así como la interacción genotipos por tratamientos (Cuadro 4.3), con un coeficiente de

variación de 94.6%; en el mismo cuadro se observa que G6 obtuvo la mayor LMP con una media de 1.96 cm, seguido por un grupo compuesto por el G 8, G10, G16, G18 y Bacanora con una media entre 0.7 y 0.9 mg/ plántula y los que presentaron menos longitud de plúmula fueron los genotipos G2, G4, G12, G14 con una media de 0.2 y 0.6 cm.

Con respecto al comportamiento presentado por los genotipos en cada tratamiento se observa que en el T1 G8 y Bacanora fueron los que numéricamente obtuvieron valores mas altos con 0.95 cm (Figura 4.8), seguidos por el G6 con 0.23 cm mientras que en los demás genotipos no presentaron valores. En el T2 el único que sobresalió entre los demás fue G18 con 0.45 cm; mientras que en T3 y T4 no presentaron valores, por no haber plántulas normales que evaluar en esta prueba.

Sin embargo en el tratamiento testigo (con agua) se observó que G6 obtuvo el más alto valor de LMP con 9.2 cm, seguido de G8, G10, G16 y G18 quienes presentaron valores desde 3.8 a 4.2 cm; mientras que G2 y Bacanora obtuvieron valores de 2.8 y 3.0 cm de LMP, así mismo G12 y G14 con 1.7 y 1.8cm respectivamente y por último G4 con 1.2 cm, estos valores nos demuestran con mayor certeza que los genotipos no contaban con una buena calidad fisiológica sin embargo la respuesta que tuvieron muestra que al menos aquellas semillas que lograron soportar el estrés tuvieron una longitud aceptable como fue el caso de G6.

Pero también como se ha estado mencionando que estos genotipos no toleraron las diferentes concentraciones de sal; comportamiento similar al encontrado por Jeannet *et al.* (2002) en el cultivo de frijol, donde el aumento de la salinidad se redujo considerablemente la elongación de hipocotilo de la plántula.

Una explicación de esta tendencia negativa es la que posiblemente describen Soltani *et al* (2004) que la movilización de la reserva y crecimiento de plántula disminuye por la aplicación de sal en semillas de trigo.

Longitud Media de radícula después del envejecimiento acelerado

En la longitud de radícula después de EA se reportó una diferencia altamente significativa en las fuentes de variación con un CV de 68.2%; y en la prueba de comparación de medias encontramos que Bacanora presentó la mayor LMR al igual que G18 y G8 con una media entre los 3.3 y 4.0 cm (Cuadro 4.3), mientras que los genotipos G4 y G10 fueron los más bajos con 0.2 y 1.3 cm, por el mismo deterioro al que fueron sometidas las semillas además de las concentraciones salinas que no permitieron que se tuviera un buen crecimiento de la radícula.

En la Figura 4.8 se observa que en el T1, Bacanora fue el más alto con 10.4 cm seguido G8 con 6.2 cm y G2 con 3.9 cm tanto el envejecimiento acelerado como las diferentes concentraciones de sal tuvieron un efecto negativo entre los materiales.

Y para el T2 el más alto fue el G18 con 8.2 cm seguido por G8 quien obtuvo 1.9 cm de LMR mientras que los demás genotipos no presentaron valores; y para el T3 y T4 ninguno de los genotipos obtuvo LMR por no haber plántulas normales que evaluar.

En el caso del testigo (con agua) el que mayor LMR presentó, fue el G6 con 14 cm mientras que G2, G8, G14 y Bacanora obtuvieron valores desde 8.4 a 11.8 cm y los genotipos más bajos fueron G4 y G10 con 1.46 y 6.5 cm, estos resultaron ser los más afectados en el estrés de temperatura y humedad a la que fueron sometidos; ya que la parte radical es una de las

estructuras importantes de la planta, que en campo es la que directamente está en contacto con las sales, podría ser un indicador de selección en el laboratorio, pero por la calidad inicial con que cuentan estos materiales no fue posible esta selección.

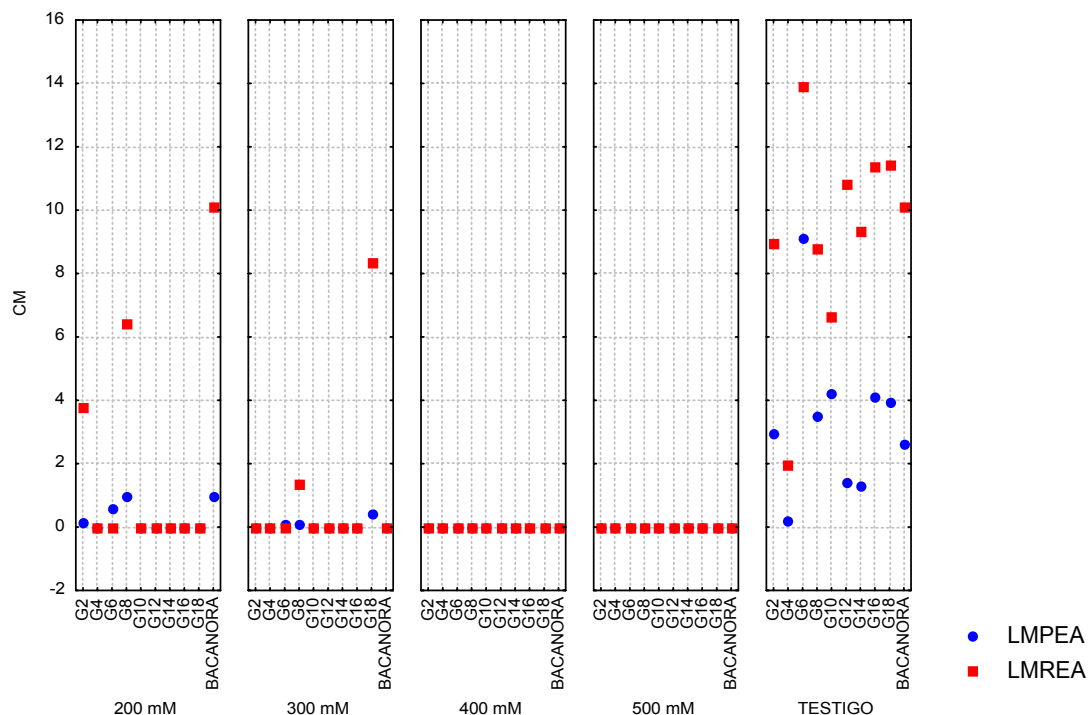


Figura 4.8 Medias de (EA) para longitud media de plúmula y longitud media de radícula en 9 Líneas elite de trigo forrajero (*Triticum aestivum* L.) y un testigo comercial (Bacanora) con características de tolerancia a salinidad en diferentes concentraciones de NaCl.

Tasa de crecimiento de plántula (PS) después del envejecimiento acelerado

El ANVA para esta variable después del EA (que induce un aumento en el ritmo del deterioro fisiológico), detectó una diferencia significativa, con un CV 104.5% mostrado en el Cuadro 4.3; donde también se encontró que los genotipos G6, G8, G18 y Bacanora obtuvieron valores más altos de peso seco con una media entre 0.005 y 0.003 mg/plántula, confirmando nuevamente que

G6 a pesar de que se sometió a un estrés, obtuvo mayor desarrollo en la plúmula en longitud y materia seca, lo cual muestra que este genotipo tuvo la capacidad de ser tolerante a temperaturas extremas. Por otro lado los genotipos G2, G4, G10, G12, G14, G16 con una media de 0.001 mg/plántula respectivamente resultaron ser los de bajo vigor, por presentar estos valores.

En la figura 4.7 se observa que tanto en el T1 como en los tratamientos T2, T3 y T4 los genotipos no tuvieron valores por no haber plántulas normales para evaluar esta prueba, sin embargo este mismo efecto se presentó en el tratamiento con agua (testigo) donde los valores fueron por debajo de 0.02 mg/plántula.

Estos nos puede indicar que las pocas plántulas normales evaluadas resultaron tener muy poca materia seca lo que aún más nos demuestra que los materiales estaban completamente deteriorados en la parte inicial del estudio y aunado a la aplicación de un estrés de temperatura y sal, perdieron completamente su capacidad de germinación y con ello no se registro peso, en cambio los resultados obtenidos por Elizalde (2008), posiblemente los materiales contaron con buena calidad inicial además de someter a las diferentes concentraciones de sal por un tiempo, no afectaron en todos los genotipos por ejemplo a una concentración de 100 y 200 mM afecto el PS de Bacanora pero a 300 y 400 mM aumento el peso y en las líneas 19 y 3 a 100 y 300 mM disminuyeron el peso mientras que a 200 y 400 aumentaron, donde esta última línea obtuvo valores superiores que Bacanora y la línea 19.

CONCLUSIONES

En a base a los resultados obtenidos del presente estudio se llego a las siguientes conclusiones:

Los genotipos estudiados difirieron en sus características físicas de PMS y CH existiendo una estrecha relación entre ambas variables.

La mejor calidad fisiológica fue alcanzada por los genotipos G6 y G8 al presentar porcentajes de germinación por arriba del 85% en el estudio.

La aplicación de Cloruro de sodio a 200 mM, permitió a G6 y G8 comportarse como los mejores, en tanto Bacanora mostró baja germinación. El genotipo G4 presentó menor cantidad de anormalidades y semillas sin germinar.

En las aplicaciones de Cloruro de sodio a 300, 400 y 500 mM la semilla se vio afectada en la germinación, teniendo aumento de plántulas anormales y semillas sin germinar, sin embargo G10 presentó una respuesta relativamente positiva.

El genotipo G4 en el estudio fue quien mayor calidad presentó en PS y PN; sin embargo en la aplicación de tratamientos (T2, T3, T4) no hubo respuesta positiva por parte de los genotipos a excepción de G10 en T4 que existió un número de PN y por consecuencia PS.

En el vigor mediante EA, G6, G8 y G18 presentaron los porcentajes más altos y el mayor PS.

BIBLIOGRAFIA

Alizagar, R. 1994. Medición del contenido de humedad en granos básicos con el determinador Motomco 919. Tesis Ing. Agr., San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 42p.

Anon. (1985). *Guam, country review*. Third South Pacific National Parks and Reserves Conference and Ministerial Meeting (Apia, Western Samoa, 24 June - 3 July 1985).

Besnier, F. 1989. Semillas: Biología y Tecnología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.

Bole, J.L., and Wells, S.A. 1970. Dryland soil salinity: Effect on the yield components of 6-row barley, 2-row barley, wheat, and oats. *Can. J. Soil Sci.* 59: 11-17.

Cheeseman JM. Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiology*. 1988;87:547-550.

Cuartero J.; Yeo, A.R. y Flowers, T.J. 1992. Selection of donors for salt-tolerance in tomato using physiological traits. *The New Phytologist*, 121: 63-69.

Cubero, J. I. 2003. Introducción a la mejora genética vegetal. Ed. Mundi-Prensa (segunda edición) 567 pp.

Dell'Aquila, A. ; Turi, M. di 1996 The germination response to heat and salt stress in evaluating vigour loss in aged wheat seeds. *Seed Science and Technology* 24: 309-319.

- Elizalde, E. 2008 Efecto de Salinidad (NaCl) y Calidad de Semilla en 19 líneas de trigo (*triticum aestivum* L.) 37-56pp
- Evangelou, V.P. 1994. Influence of sodium on soils of humid regions. En: Handbook of Plant and Crop Stress (M. Pessarakli, ed) Marcel Dekker, Inc. New York, p. 31-62.
- Flowers, T.J.; Koyama, M.L.; Flowers, S.A.; Sudhakar; Singh, K.P. y Yeo, A.R. 2000. QTL: their place in engineering tolerance of rice to salinity. Journal of Experimental Botany, 51: 99-106.
- Flowers, T.J.; Troke, P.F. y Yeo, A.R. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annual Review of Plant Physiology, 28: 89-121.
- Glenn, E.P.; Brown, J.J. y Blumwald, E. 1999. Salt tolerance and crop potential of halophytes. Critical Reviews in Plant Science, 18: 227-255.
- Grattan, S.R. y Grieve, C.M. 1994. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. En: Handbook of Plant and Crop Stress (M. Pessarakli, ed) Marcel Dekker, Inc. New York, p. 203-226.
- Hartung, W.; Sauter, A. y Hose, E. 2002. Abscisic acid in the xylem: where does it comes from, where does it goes to ? Journal of Experimental Botany, 53: 27-32.
- Harvey, D.M.R.; Stelzer, R.; Brandtner, R. y Kramer D. 1985. Effects of salinity on ultrastructure and ion distributions in roots of *Plantago coronopus*. Physiologia Plantarum, 66: 328-338.
- Hasegawa, P.M.; Bressan, R.A.; Zhu J.K. y Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 51: 463-499.

- International Seed Testing Association (1996). Rules for Seed Testing. Seed Sc. And Tech. 13 (12).The Netherlands.
- Jacoby, B. 1994. Mechanisms involved in salt tolerance in plants. En: Handbook of Plant and Crop Stress (M. Pessarakli, ed) Marcel Dekker, Inc. New York, p. 97-123.
- Jain, R.K. y Selvaraj, G. 1997. Molecular genetic improvement of salt tolerance in plants. Biotechnology Annual Review, 3: 245-267.
- Jarat, A.A., M. Shahid, & A. Al-Maskri. 2004. Genetic diversity in thr Batini Barley Landrace from Oman: II. Response to salinity stress. Crop Sci. 44: 007-1007.
- Jeannette S.B.J., R. Craig & J.P. Lynch. 2002. Salinity tolerance of Phaseolus species during germination and early seedling growth. Crop Sci. 42:1584-1504.
- Jensen, M.E.; Rangeley, W.R. y Dieleman, P.J. 1990. Irrigation trends in world agriculture. En: Irrigation of Agricultural Crops. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, p.31-67.
- Jian-Kang Wu, Sumeet Singh, A. Desai Narasimhalu: Learning Similarity Matching in Multimedia Content-Based Retrieval. IEEE Trans. Knowl. Data Eng. 13(5): 846-850 (2001)
- Kelmen, W.M. and Qualset, C.O., 1991, Breeding for salinity stressed environments: Recombinant inbred wheat lines under saline irrigation. Crop Sci., 31: 1436-1442.

- Koyro H-W. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). *Environmental and Experimental Botany* (2006) 56:136–146.
- Maas, E. and Hoffmann, G. (1977): Crop Salt Tolerance- current assessment. *A.S.C.E. 103, 115-134.*
- Maas, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research*, 1 12-26.
- Mahalati, M.N., Kafi, M., Kamkar, B. 2005. Determination of the most sensitive developmental period of wheat (*Triticum aestivum*) to salinity using path analysis for optimal saline water utilization. *Agricultural Sciences and Technology*, 19: 25-34.
- Maich, R.H., L.E. Torres, G.A Manera and M.E. Dubois, 2003. Grain yield improvement in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) after three cycles of recurrent selection. *J. Genet. & Breed.* 57: 201-206.
- Manuel Angel Perales ,New Control Algorithm for Shunt Active Filters, Based on Stvf. Epe 2001. *European Conference on Power Electronics and Applications*. Num. 9. Graz, Austria. Epe Association. 2001. Pag. 785-791. ISBN: 90-75815-06.
- Mass, 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.
- Maurel, M; and M.j. Chrispeels . 2001. Aquaporins, a molecular entry into plant water relations. *Plant physiol.* 125: 135-138.

- Méndez-N., J.R.; Ibarra-P., F.T. y Merazo-P., J.F. (1997) Germinación de semillas y desarrollo de plántulas de tres híbridos de maíz (*zea mays* L.) bajo soluciones osmóticas. ii. sulfato de sodio. Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad de Oriente, Maturín, 6201, estado Monagas, Venezuela.
- Musito-R.N., Vega-S. M.C., Rodríguez-V. J.G. 2004. Genotipos de Maíz Tolerantes a Salinidad; un Estudio Preliminar para iniciar un Programa de Selección. *Revista Agraria -Nueva Epoca-*1: 18-23.
- NIU, X.; Bressan, R.A.; Hasegawa, P.M. y Pardo, J.M. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology*, 109: 735-742.
- Pastermark D (1987). Salt tolerance and crop production. A comprehensive approach. *Annu Rev Plant physiol* 25:271-291.
- Patel,s.M.(1973). Operators with left inverses similar to adjoints. *Proc.Am. math.Soc*,41.127-31.
- Perry, A. D. 1987. El concepto de vigor de semilla y su relación con respecto a las técnicas de producción de semillas. *Producción moderna de semillas. Editorial hemisferio sur.Tomo II. Escuela de agricultura, Universidad de Nottingham. pp. 693-716.*
- Powell, A.A. 1988.Seed vigor and field establishment. *Advances in Research and Technology seeds, Wageningen. 11(1):29-21.*
- Reinhart DH, Rost TL.1995. Salinity accelerates endodermal development and induces an exodermis and in cotton seedling roots. *Environmental and Experimental Botany* 35, 563–574.

Rengel Z (1992) The role of calcium in salt toxicity. *Plant Cell Environ* 15: 625–632.

Rhoades, J. (1992): The use of saline water for crop production. F.A.O. Irrigation and Drainage paper N° 48. Rome, Italy, 133 p.

Roberts, E.H. *Quantifying seed deterioration*. In: M.B. McDonald and C.J. Nelson, eds. *Physiology of Seed Deterioration*. Crop Science Society of America, Inc, Madison, p. 101-123, 1986.1995.

Tarczynski MC, Jensen RG, Bohnert HJ. Stress protection of transgenic tobacco by production of the osmolyte mannitol. *Science*. 1993;259:508–510.

Turner, N.C.; Jones, M.M. 1980. Turgor maintenance by osmotic adjustment: a review and evaluation. In: Turner, N.C.; Kramer, P.J. *Adaptations of Plants to Water and High Temperature Stress*. New York: John Wiley and Sons: 87-103.

Yeo, A.R. 1998. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. *Journal of Experimental Botany* 49: 915-929.

Zhu, J.K. 2000. Genetic analysis of plant salt tolerance using *Arabidopsis*. *Plant Physiology* 124, 941-948.