

**GERMINACION Y VIGOR DE SEMILLA DE CINCO ESPECIES DE  
GRAMINEAS FORRAJERAS CON DIFERENTES INTENSIDADES DE  
SALINIDAD**

**SANTIAGO RUIZ RAMIREZ**

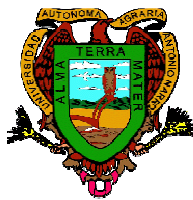
**T E S I S**

**Presentada como requisito parcial para**

**Obtener el grado de**

**MAESTRO EN TECNOLOGÍA**

**DE GRANOS Y SEMILLAS**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Agosto de 2010.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

GERMINACION Y VIGOR DE SEMILLA DE CINCO ESPECIES DE  
GRAMINEAS FORRAJERAS CON DIFERENTES INTENSIDADES DE  
SALINIDAD

TESIS

POR:

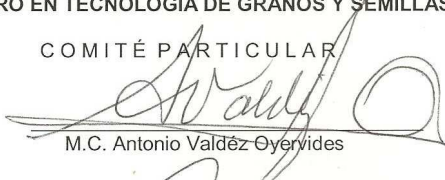
SANTIAGO RUIZ RAMIREZ

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

MAESTRO EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

COMITÉ PARTICULAR

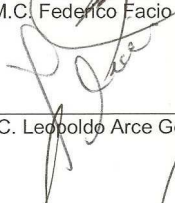
Asesor principal:


  
M.C. Antonio Valdéz Oyervides

Asesor:

  
M.C. Federico Facio Parra

Asesor:

  
M.C. Leopoldo Arce González

  
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Director de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Agosto de 2010.

## **AGRADECIMIENTOS**

A dios por darme la oportunidad de seguir superándome y así seguir escalando cada día mas sin importar cual sea el obstáculo.

A mi alma mater, por brindarme las facilidades y la oportunidad de obtener el presente grado, así como al centro de capacitación y desarrollo de tecnología de semillas por abrirme las puertas atraves de su distinguido programa.

Al M.C. Antonio Valdéz Oyervides, por permitirme ser parte de su equipo de trabajo y por su apoyo en la estructuración de la presente investigación.

Al M.C. Federico Facio Parra, M.C. Leopoldo Arce González y el Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar, por su apoyo, aportación, orientación en la elaboración del trabajo de investigación.

A la Dra. Norma Ruiz Torres, Dr. Mario Vázquez Badillo, así como todos los maestros del CCDTS que contribuyeron en mi formación profesional.

A mis compañeros de generación: Leonardo, Santos, Lucy, Víctor y Daniela, por su apoyo, consejos y experiencias.

Al Ing. Manuel A. Burciaga Vera y al Ing. Francisco Ávila Rebollar, por su apoyo incondicional, orientación, pero sobre todo la amistad que me brindan.

A los M.C. Joel Cruz Torres y M.C. Julio Charles Cárdenas y, por su amistad y apoyo en todo momento.

A todos los alumnos integrantes de la maestría en semillas gracias por esa amistad y comunicación que siempre ha existido.

## DEDICATORIA

Con todo mi amor, respeto y admiración a mi madre la Sra. Ramírez Rivera, por ser parte de todos mis triunfos, por estar siempre apoyándome y aconsejándome.

A mi esposa Aracely Gpe. Cortes Alvarado, por apoyarme y estar a mi lado en todo momento así como su comprensión para poder cumplir con mis objetivos, gracias mi amor.

A mi hija Daniela Karelly Ruiz Cortes, por ser mi motivación y fortaleza en cada uno de mis logros.

A mis hermanos (as): Concepcion, Juanita y Jose Luis, por su apoyo y mantener a la familia siempre fuerte.

A todos mis amigos por estar siempre apoyándome y brindándome su apoyo incondicional.

A mis sobrinos (as), por la alegría que nos brindan y por los momentos que nos hacen pasar.

A las familias: Cortes Alvarado, Covarrubias Cortes, Sanchez Cortes, Rodriguez Cortes, Cortes Marquez y Alvarez Cortes, por brindarme su apoyo, amistad y confianza.

A Sr. Jesus Lopez Ubario y familia, por su amistad y apoyo incondicional.

## COMPENDIO

GERMINACION Y VIGOR DE SEMILLA DE CINCO ESPECIES DE  
GRAMINEAS FORRAJERAS CON DIFERENTES INTENSIDADES DE  
SALINIDAD

POR

SANTIAGO RUIZ RAMIREZ

MAESTRÍA EN

TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA. AGOSTO DE 2010.

M.C. Antonio Valdés Oyervides – Asesor –

*Palabras clave: Salinidad, Germinación, Vigor, Gramíneas forrajeras.*

El objetivo del presente trabajo de investigación es: Evaluar el efecto de diferentes niveles de salinidad en la germinación y vigor de semilla en cinco especies de gramíneas forrajeras, se realizó en laboratorio e invernadero, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a 25° 23' LN y 103° 01' LO, a una altitud de 1743 msnm. Se utilizó semilla de cinco especies de gramíneas forrajeras: Zacate Buffel, Rhodes, Pasto Toledo, Brizantha, Mulato II y Tanzania. Los tratamientos evaluados en ambas condiciones, fueron seis concentraciones de salinidad utilizando cloruro de

potasio (KCl) ajustados a las siguientes conductividades eléctricas expresadas en decisiemens/metro (dS/m): T1=Testigo (agua destilada), T2=5 dS/m, T3=10 dS/m, T4=15 dS/m, T5=20 dS/m y T6=25 dS/m. Las variables evaluadas fueron: capacidad de germinación (CG) con las pruebas de vigor, índice velocidad de germinación (IVG), índice velocidad de emergencia (IVE), longitud media de plúmula (LMP), longitud media de radícula (LMR) y peso seco de plántulas (PSP). La información se analizó mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial con cuatro repeticiones, se utilizó el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1989). Los resultados indican que existen diferencias altamente significativas entre especies, en las variables estudiadas, en los dos ambientes. Lo que corresponde a las variables estudiadas por especie, se encontró que también existen diferencias altamente significativas, debido a que al incrementarse las concentraciones salinas afectaron directamente la germinación y el vigor de las semillas, obteniendo así un mayor número de semillas sin germinar y plántulas anormales, así mismo al combinar los resultados de laboratorio e invernadero, se concluye que las especies más tolerantes a el efecto de sales en el proceso de germinación y vigor son: Tanzania y Brizantha, ya que en su establecimiento en suelos con altos niveles de salinidad pueden tener éxito.

## ABSTRACT

GERMINATION AND VIGOUR OF SEED OF FIVE SPECIES OF FORAGE  
GRASSES WITH DIFFERENT INTENSITIES OF SALINITY

BY:

SANTIAGO RUIZ RAMIREZ

MASTER

GRAIN AND SEED TECHNOLOGY

ANTONIO NARRO AGRICULTURE AUTONOMOUS UNIVERSITY

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA. AGOSTO DE 2010.

M.C. Antonio Valdés Oyervides – Adviser –

**Key words:** Salinity, germination, vigour, forage grasses.

The aim of the present work of investigation is: To evaluate the effect of different levels of salinity in the germination and vigor of seed in five species of graminaceous forage grasses, was realized under greenhouse and laboratory conditions, in Buenavista, Saltillo, Coahuila, located at 25 ° 23 ' LN and 103 ° 01 ' LW, with an altitude of 1743 masl. We assayed five seed species of forage grasses, namely: Hay Buffel, Rhodes, Brizantha, Mulatto II and Tanzania. Under both conditions six concentrations of potassium chloride (KCl) were evaluated and then adjusted to electrical conductivities expressed as decisiemens/meter (dS/m). Treatments evaluated were: T1= Control (distilled water), T2= 5 dS/m, T3= 10 dS/m, T4= 15 dS/m, T5= 20 dS/m and T6= 25

dS/m. The variables analyzed were: Seed germination capacity (GC) by using a vigour test; Germination velocity index (GVI), Emergency velocity index (EVI), Plumule length average (PLA); Radicle length average (RLA) and Plantlet dry weight (PDW). The information obtained was analyzed using a completely randomized design with a factorial arrangement and four replications; we used the statistical package SAS, version 6.0 (1989). Results indicated significant differences between grass species, since the observed responses in both environments were in high disparity among the studied variables. Also highly significant differences were detected among plant species, due to the fact that when they were subjected to increasing saline concentrations, there was a direct adverse effect on germination and seeds vigor. These results promoted an increasing number of seeds without germination ability and abnormal seedlings, likewise when we compared the results obtained under laboratory and greenhouse conditions, we arrived to the conclusion that the most tolerant species to the effect of induced salinity were Tanzania and Brizantha seeds, because they resulted less affected on germination and vigor when were grown in highly saline soil.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
INTRODUCCION .....	1
Objetivo .....	3
Objetivos específicos .....	3
Hipótesis .....	3
REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
Salinidad en los cultivos .....	7
Salinidad en gramíneas forrajeras .....	9
Efecto de salinidad en germinación y vigor .....	10
Otras investigaciones relacionadas.....	14
Medición de conductividad eléctrica (CE <sub>s</sub> ) (salinidad).....	19
MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
Localización .....	21
Metodología de siembra.....	21
Tratamientos .....	23
Especies a evaluar.....	23
Parámetros a evaluar.....	24
Laboratorio .....	24
Capacidad de germinación (CG) .....	24
Índice de Velocidad de la Germinación (IVG).....	25
Primer Cuento (PC) .....	26
Longitud Media de Plúmula (LMP) .....	26
Longitud Media de Radícula (LMR) .....	26
Invernadero .....	27
Capacidad de germinación (CG).....	27
Primer Cuento (PC) .....	28
Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) .....	28

Longitud Media de Plúmula (LMP) .....	29
Longitud Media de Radícula (LMR) .....	29
Peso seco de la plantula (PSP) .....	29
Diseño experimental.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
Condiciones en laboratorio.....	32
Capacidad de germinación por especie .....	34
Capacidad de germinación por tratamiento .....	36
Pruebas de vigor por especie.....	39
Pruebas de vigor por tratamiento.....	42
Condiciones en invernadero.....	46
Capacidad de germinación por especie .....	48
Capacidad de germinación por tratamiento .....	51
Pruebas de vigor por especie.....	53
Pruebas de vigor por tratamiento.....	57
CONCLUSIONES.....	62
RESÚMEN .....	63
LITERATURA CITADA.....	64

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Tratamientos evaluados para ambas condiciones, fueron seis concentraciones de cloruro de potasio (KCl), incluido el testigo, ajustados a las conductividades eléctricas correspondientes.....	23
2	Comparación de medias de cinco especies de gramíneas forrajeras en las variables evaluadas en condiciones de laboratorio.....	32
3	Comparación de medias de las variables evaluadas por tratamiento, en condiciones de laboratorio.....	33
4	Cuadrados medios de las variables estudiadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de laboratorio.....	33
5	Cuadrados medios de las variables estudiadas en las pruebas de vigor en condiciones de laboratorio.....	34
6	Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de laboratorio por especie.....	36
7	Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba de capacidad de germinación en condiciones de laboratorio por tratamiento.....	38
8	Comparación de medias de las variables evaluadas en las pruebas de vigor en condiciones de laboratorio por especie.....	40
9	Comparación de medias de las variables evaluadas en las pruebas de vigor en condiciones de laboratorio por tratamiento.....	43
10	Concentración de comparación de medias de las variables evaluadas por especie, en invernadero.....	46
11	Concentración de comparación de medias de las variables evaluadas por tratamiento, en invernadero.....	46
12	Cuadrados medios de las variables estudiadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de Invernadero.....	48
13	Cuadrados medios de las variables estudiadas en las pruebas de vigor en condiciones de invernadero.....	48
14	Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de invernadero por especie.....	49
15	Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de invernadero por tratamiento.....	53
16	Comparación de medias de las variables evaluadas en las pruebas de vigor en condiciones de invernadero por especie.....	54
17	Comparación de medias de las variables evaluadas en las pruebas de vigor en condiciones de invernadero por tratamiento...	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Tendencia de las especies de gramíneas forrajeras, con respecto a la capacidad de germinación sometida a salinidad en condiciones de laboratorio.....	36
2	Respuesta a la germinación en semilla de gramíneas forrajeras bajo distintas concentraciones de salinidad en condiciones de laboratorio.....	39
3	Tendencia de las especies de gramíneas forrajeras, con respecto a las pruebas de vigor (IVG) sometida a salinidad en condiciones de laboratorio.....	41
4	Tendencia de las especies de gramíneas forrajeras, con respecto a las pruebas de vigor (LMP y LMR) sometida a salinidad en condiciones de laboratorio.....	42
5	Respuesta a la germinación en semilla de gramíneas forrajeras bajo distintas concentraciones de salinidad, respecto a las pruebas de vigor (IVG y PC), en condiciones de laboratorio.....	44
6	Respuesta a la germinación en semilla de gramíneas forrajeras bajo distintas concentraciones de salinidad, respecto a las pruebas de vigor (LMP y LMR), en condiciones de laboratorio.....	45
7	Tendencia de las especies de gramíneas forrajeras con respecto a la capacidad de germinación sometida a salinidad en condiciones de invernadero.....	51
8	Respuesta a la germinación en semilla de gramíneas forrajeras bajo distintas concentraciones de salinidad en condiciones de invernadero.....	53
9	Tendencia de las gramíneas forrajeras, con respecto a las pruebas de vigor (IVE y PC) sometida a salinidad en condiciones de invernadero.....	55
10	Tendencia de las especies, con respecto a las pruebas de vigor (LMP y LMR) sometida a salinidad en condiciones de invernadero.	56
11	Comportamiento de las especies de gramíneas forrajeras, para la variable peso seco de plántula, sometidos a concentraciones salinas en condiciones de invernadero.....	57
12	Respuesta a la germinación en semilla de gramíneas forrajeras bajo distintas concentraciones de salinidad, respecto a las pruebas de vigor (IVE y PC), en condiciones de invernadero.....	59
13	Respuesta a la germinación en semilla de gramíneas forrajeras bajo distintas concentraciones de salinidad, respecto a las pruebas de vigor (LMP y LMR), en condiciones de invernadero.....	60
14	Comportamiento de las especies, para la variable peso seco de plántula, bajo distintos niveles de salinidad en condiciones de invernadero.....	61

## INTRODUCCIÓN

En muchas áreas del mundo dedicadas a la agricultura la obtención de buenos rendimientos, así como también el poder cultivar una amplia variedad de especies, cada vez está teniendo más restricciones debido a la salinización de los suelos. Se estima que existen más de 800 millones de hectáreas en el planeta que están afectadas por sales, de estas 397 millones lo son por problemas de salinidad y 434 millones por condiciones asociadas a sodicidad (FAO, 2000; Munns, 2005). Varias son las causas vinculadas a estos procesos de salinización, entre las cuales es posible citar un excesivo empleo de fertilizantes, uso de agua de mala calidad por el exceso de sales, mal drenaje y tala inmoderada (Tanwar, 2003).

Como consecuencia de la salinización, la producción silvoagropecuaria ha disminuido dramáticamente al correr de los años, observándose continuamente cultivos pobres, agostaderos degradados y desaparición de grandes extensiones de selvas.

La salinidad en la agricultura produce un efecto negativo sobre los cultivos, ya que existe una relación entre la salinidad y el descenso en el rendimiento que se produce. Aunado a lo anterior (Hasegawa *et al.*, 2000), menciona que la salinidad afecta el crecimiento y producción de los cultivos al reducir el potencial hídrico de la solución del suelo y al crear un desequilibrio nutritivo dado a la elevada concentración de elementos que pueden interferir con la nutrición mineral y el metabolismo celular.

En virtud que provocan en las plantas un sinnúmero de efectos fisiológicos, morfológicos y bioquímicos, tales como disminución de la fotosíntesis, vigor (Singh y Chatrath, 2001), una producción de granos y/o forraje (Del Rosario *et al.*, 1990; Pérez

*et al.*, 1996) y cambios cuantitativos y cualitativos en la síntesis de proteínas por cambios en la expresión de genes a causa de la salinidad, entre otros (Singh y Chatrath, 2001).

Por lo que corresponde a semillas, estas no germinan o no alcanzan a desarrollar este efecto ya que existen ciertos mecanismos que les impiden hacerlo, y en dado caso de las plantas que logran prosperar en estas condiciones, producen semillas estériles o bien que no alcanzan a formarse y las que logran hacerlo tienen problemas de emergencia y/o germinación, así como dificultad de adaptación en campo, Las gramíneas forrajeras que se explotan en suelos salinos no se encuentran ajenas a una disminución y establecimiento, no obstante que son medianamente sensibles a las sales.

Dado el grave problema que causan las altas concentraciones de sales en la germinación y vigor de las semillas, específicamente en gramíneas forrajeras, se propone buscar alternativas de solución para contrarrestar estos factores desfavorables para la producción, determinando el efecto de la salinidad en la germinación y vigor de semilla bajo diferentes intensidades de salinidad en diferentes especies gramíneas forrajeras, para poder recomendar en un momento dado la especie tolerante a este tipo de suelo, por lo que se plantea el presente trabajo de investigación, con los siguientes objetivos e hipótesis.

## **OBJETIVO**

Evaluar el efecto de diferentes niveles de salinidad en la germinación y vigor de semilla en cinco especies de gramíneas forrajeras.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Evaluar el comportamiento de semillas de cinco especies de gramíneas forrajeras durante el proceso de germinación, así como el vigor de las mismas en diferentes concentraciones de salinidad.
  
- Determinar la respuesta Fenológica al estrés salino en cinco especies en estudio, sometidos a diferentes concentraciones salinas de Cloruro de potasio (KCl).

## **HIPÓTESIS**

Las altas concentraciones de sales en los suelos en especies de gramíneas forrajeras afectan su germinación y vigor.

## REVISION DE LITERATURA

La salinidad en la agricultura produce un efecto negativo sobre los cultivos, ya que existe una relación entre la salinidad y el descenso en el rendimiento que se produce, en todas las partes del mundo la conductividad eléctrica del suelo es uno de los principales fenómenos responsables del deterioro de los mismos, con una consecuente reducción de su potencial agrícola afectando a millones de hectáreas a nivel mundial, en nuestro país, una prioridad fundamental, en el desarrollo de la producción de semillas forrajeras en zonas afectadas por la salinidad, esta demanda no puede darse en un principio por las condiciones del suelo que se ha presentado por las constantes erosiones, escasas precipitaciones y por si no fuera lo suficiente existe la presencia de sales en los suelos, por ello es necesario adquirir nuevas alternativas para establecer que incluyan la selección de especies capaces de adaptarse y establecerse en suelos con estas condiciones.

Dicho problema se encuentra presente con el paso del tiempo, una de las principales causas es que da lugar o también puede producirse como resultado de un manejo inadecuado por parte del hombre, la agricultura, desde su comienzo, ha provocado situaciones de salinización, cuando las técnicas aplicadas no han sido las correctas. (Bernstein, 1985) Menciona que la salinidad es una concentración excesiva de iones en el suelo y constituye un serio problema en las regiones áridas y semiáridas del mundo.

Flowers and Yeo (1995), mencionan que la salinidad del suelo es uno de los factores abióticos más negativos para la productividad de los cultivos, ya que afecta millones



de hectáreas a nivel mundial, las naciones unidas estiman que el 20% de tierras agrícolas y el 50% de la superficie cultivable en el mundo tienen un estrés por sales, a pesar de las discrepancias en las cifras, debido a que se trata de meras estimaciones, la dimensión del problema es importante ya que, aunado a la sequía, es el factor abiótico que produce un mayor descenso en el rendimiento de los cultivos, provocando desbalances en las plantas debido al efecto osmótico negativo para las raíces, la toxicidad de los iones y el desequilibrio nutricional de la planta por competencia entre estos.

Por su parte Munns (2005), menciona que en diversas áreas agrícolas del mundo la obtención de buenos rendimientos, así como también el poder cultivar una amplia variedad de especies, cada vez está teniendo más restricciones debido a la salinización de los suelos. Se estima que existen 800 millones de hectáreas en el planeta que están afectadas por sales, de estas 397 millones lo son por problemas de salinidad y 434 millones por condiciones asociadas a sodicidad.

Szabolcs (1994), menciona que la salinidad de los suelos es un problema mundial, nacional en México y regional en el centro y norte del país. El problema se agudiza en las zonas, donde los suelos presentan drenaje deficiente y alta evaporación.

Según Parsons (1992), los problemas de salinidad en los suelos son muy comunes en las zonas áridas y semiáridas, pero los suelos afectados con sales también pueden estar presentes en zonas con clima húmedo, especialmente en la costa.

En México los suelos afectados con este tipo de problemas alcanzan una superficie aproximada al 40% del total del área cultivada, es sumamente importante realizar

estudios sobre la importancia de la salinidad en nuestro país, debido que en los últimos años la producción refleja muy bajos rendimientos y mala calidad de semillas hablando en forma general, esto puede darse en un principio por la calidad de suelo que se ha presentado por las constantes erosiones y escasas precipitaciones resultando una salinización de suelos, degradación que transforma las tierras productivas y fértiles en tierras estériles y frecuentemente conducen a pérdidas en hábitat y reducción de biodiversidad.

Esto ha provocado que el 35% de la superficie bajo riego se encuentra afectada en mayor o menor grado, disminuyendo notablemente la productividad de algunos distritos agropecuarios y causando pérdidas económicas considerables al país.

Por su parte (Allison *et al.* 1994), mencionan que la conservación de los suelos, así como su recuperación cuando están afectados por sales, son de gran importancia para la producción agrícola, y su atención está relacionada con las causas del ensalitramiento de los mismos, que pueden ser: su origen, manejo y utilización, así como las fuentes y calidad del agua de riego, factores que intervienen en las propiedades físicas y químicas de los suelos

Las sales solubles pueden tener efectos sobre las plantas en crecimiento debido a los iones perjudiciales para la especie que se trate. Cuando por cualquier causa se interrumpe el drenaje de los suelos sobre todo en regiones áridas, se favorece la acumulación de sales en la superficie, es por eso que durante los periodos secos los suelos de regiones cálidas y áridas, están cubiertas con un alto contenido de salinidad

a modo de corteza, que se disuelve en el agua del suelo cada vez que este se humedece.

### **Salinidad en los cultivos**

El efecto de la salinidad en los cultivos o en la agricultura en general, es un factor limitante en el desarrollo de nuevas plantas ya que están sometidas frecuentemente a situaciones desfavorables para su desarrollo y funcionamiento óptimo ocasionadas por alteraciones en el medio ambiente. La salinización es un proceso de enriquecimiento del suelo con sales más solubles que el sulfato de calcio, por lo general se trata de cloruros, sulfatos de sodio y de magnesio. Esto provoca valores muy altos de la presión osmótica en el agua del suelo, con evidentes repercusiones sobre la vegetación (interfiere en el crecimiento de la mayoría de los cultivos y otras plantas no especializadas) (Porta *et al.*, 1999).

Por su parte Zhu (2001), menciona que el estrés salino como tantos otros estreses abióticos inhibe el crecimiento de la planta. El bajo crecimiento es una característica adaptativa de los cultivos para sobrevivir al estrés por salinidad. En la naturaleza la capacidad de tolerar la salinidad o la sequía parece estar inversamente relacionada a la tasa de crecimiento. Una causa de la reducción del crecimiento es la inadecuada fotosíntesis debida al cierre estomático y en consecuencia la limitación de la entrada de CO<sub>2</sub>. Más importante es que el estrés inhibe la división celular y la expansión directamente. Algunas plantas son tan sensibles al estrés que cesen el crecimiento cuando ocurre un ligero estrés. Por lo contrario, algunas plantas que no son sensibles corren el riesgo de morir por continuar creciendo cuando el estrés es serio.

Hasegawa *et al.*, (2000) hace mención que uno de 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, sin embargo los efectos de la salinidad se pueden clasificar desde el punto de vista fisiológico, que pueden producir alteraciones de los caracteres morfológicos, que son las que se aprecian visualmente al someter los cultivos a condiciones salinas.

La magnitud de las respuestas de las plantas se encuentra estrechamente relacionada a la concentración de las sales, a la duración del estrés a que están expuestas y a la especie o cultivar que se trate.

Según (Hartung *et al.*, 2002), menciona que las características anatómicas y morfológicas de la raíz pueden tener gran influencia en la capacidad de adaptación a la salinidad, por lo que a nivel de raíces, las sales alteran la absorción de agua afectando el crecimiento de estos órganos; también actúan produciendo efectos tóxicos.

Por su parte Romero (2001), comenta que la parte aérea de las plantas igualmente es afectada por la salinidad: las plantas alcanzan una menor altura, las hojas se presentan en menor número y a la vez manifiestan una disminución en su densidad estomática en la cara adaxial, presentan clorosis y necrosis principalmente en los bordes de las hojas

El área foliar también disminuye (Romero, 2000). Se afectan adversamente en su rendimiento (Pérez-Alfocea, 1996; Carvajal *et al.*, 2000).

A nivel de germinación, a medida que aumenta la concentración de sales en el medio, el porcentaje de germinación disminuye y el periodo en que este proceso se lleva a cabo se prolonga (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; El-Habbasha *et al.*, 1996; Foolad y Lin, 1997). Estas respuestas se observan tanto en especies cultivadas como en las silvestres.

### **Salinidad en gramíneas forrajeras**

La salinidad produce unos efectos diferentes sobre las distintas especies vegetales, al hablar de gramíneas forrajeras como norma general, provoca una disminución del tamaño de la planta que adopta formas achaparradas, una disminución en la producción de follaje y semillas e incluso la muerte de esta, cuando se supera su límite de tolerancia.

Por su parte (De Luca *et al.*, 2001), mencionan que el rendimiento agronómico de gramíneas forrajeras consiste primordialmente en láminas foliares, por ende, la tasa de expansión foliar y la duración del área foliar son caracteres determinantes de su productividad, en estas especies se tienen respuestas contrastantes a la salinidad, la disminución en rendimiento se puede asociar con la proporción de hojas secas y la reducción en el crecimiento foliar. Mientras que (Ortega y Taleisnik, 2003), hace suyo dicho comentario señalando que la zona de expansión foliar en gramíneas está restringida, la salinidad comúnmente induce el acortamiento y la disminución de tasas de crecimiento,

Por su parte Andrade (1992), Menciona que las sales solubles pueden tener efectos sobre el crecimiento debido a los iones perjudiciales para la especie, cuando las

plantas se desarrollan bajo condiciones de salinidad, unos de los síntomas más característicos es la inhibición del desarrollo producido por sales.

El efecto por sales, no es precisamente en las raíces, hojas y el desarrollo de las plántulas, también existe un efecto significativo y de vital importancia en la germinación y vigor de las semillas.

### **Efecto de salinidad en la germinación y vigor**

Un aspecto importante en las especies de gramíneas forrajeras es el proceso de germinación en la producción de semilla y para que este tenga lugar es necesario una serie de condiciones favorables como: disponibilidad de agua, oxígeno y una temperatura adecuada que permitan la respiración aerobia para los distintos procesos metabólicos para el desarrollo de la plántula, sin embargo cuando la semilla no tiene las condiciones adecuadas, como la presencia de sales en el suelo donde se pretenda establecer; las sales en realidad, retrasan la germinación y a aun peor inhiben dicho proceso, o bien el vigor se ve dramáticamente afectado, a esto le sumamos lo problemático de las semillas de especies forrajeras, para que realicen su germinación debido a que la mayoría presentan lenta velocidad de crecimiento, por ser muy pequeñas o por que presentan algún tipo latencia.

Torres y Echevarría (1994), señalan que diferentes eventos pueden distinguirse en el proceso de germinación como son: imbibición del agua, activación y/o síntesis de enzimas relacionadas con la movilización de reservas, translocación de sustancias hacia el eje embrionario y su crecimiento activo, que se asume a través de la síntesis

de nuevos productos. Estos constituyen los principales sucesos a afectarse dada una condición de salinidad en el medio.

Por su parte (Rojas y Ramírez, 1987) señala que diversos factores físicos y químicos son los responsables de la variación en la germinación de las semillas. Además de las condiciones adecuadas indica que los tegumentos o envolturas impermeables y duras constituyen factores físicos que impiden la entrada de oxígeno, temperatura y luz para el crecimiento del embrión, mientras que sustancias químicas inorgánicas localizadas en las envolturas externas que rodean el embrión, bloquean el crecimiento de la célula.

Además de los factores ya mencionados, que tienen una respuesta negativa a la germinación, es importante mencionar el tipo de suelo en el que se lleva a cabo este proceso, por lo en la actualidad el efecto de salinidad de un suelo sobre la germinación han adquirido mucha importancia, como resultado de este factor desfavorable se obtienen bajos rendimientos en semillas y otras partes de las plantas.

La tolerancia a la salinidad de las semillas en su germinación es una medida de la habilidad de éstas para soportar los efectos de altas concentraciones de sales solubles en el medio.

Por su parte Aceves (1979), menciona que a niveles moderados de sales en el suelo generalmente retardan la germinación sin afectar el porcentaje de la misma, pero en concentraciones elevadas retardan la germinación y además afectan notablemente el porcentaje de emergencia, dependiendo del cultivo.

Según Guerra (1993) por lo general, la mayoría de las plantas son mas sensibles a la salinidad durante la germinación, que en las ultimas etapas de desarrollo. La salinidad produce una disminución en porcentaje de semillas germinadas y un aumento en el tiempo de germinación y emergencia, así como una disminución en la tasa de absorción de agua por las semillas en germinación.

Por su parte Romero *et al.* (2001) mencionan que a nivel de germinación, a medida que aumenta la concentración de sales en el medio, el porcentaje de germinación disminuye y el periodo en que este proceso se lleva a cabo se prolonga. A nivel de raíces, las sales alteran la absorción de agua afectando el crecimiento de estos órganos; también actúan produciendo efectos tóxicos. La magnitud de las respuestas de las plantas se encuentra estrechamente relacionada a la concentración de las sales, a la duración del estrés a que están expuestas y a la especie o cultivar que se trate. La parte aérea de las plantas igualmente es afectada por la salinidad: las plantas alcanzan una menor altura, las hojas se presentan en menor número y a la vez manifiestan una disminución en su densidad estomática, en la cara adaxial presentan clorosis y necrosis principalmente en los bordes de las hojas.

Mientras que Da Silva *et al.*, (2007) encontraron que la germinación y la tasa de germinación de semillas de cebada disminuyeron a medida que se incrementó el nivel de salinidad, reduciendo la viabilidad y vigor de las semillas debido a que la salinidad afectó la integridad de la membrana principalmente en el cultivar AF 98067 el cual mostró ser más susceptible al estrés salino.



La disminución del porcentaje de germinación de las semillas de maíz, así como la disminución de la velocidad de germinación y el aumento del número medio de días para que ocurriera la germinación de todas las semillas (siendo estos dos últimos caracteres relacionados al vigor de la semilla) con incrementos en el nivel de salinidad ha sido reportada también en otra gramínea como el arroz.

Una reducción en el porcentaje de germinación y un atraso en el inicio del proceso germinativo con el aumento del estrés salino puede estar relacionado con una sequía fisiológica producida, pues cuando existe un aumento de la concentración de sales en el medio germinativo, hay una disminución del potencial osmótico y consecuentemente, una reducción del potencial hídrico (Fanti y Perez, 2004).

Por su parte Tobe *et al.*, (2000), menciona que esta reducción puede afectar la cinética de absorción de agua por las semillas (efecto osmótico), como también elevar a niveles tóxicos las concentraciones de iones (efecto tóxico). La inhibición de la movilización de las reservas puede ser atribuida a los efectos de las sales en la síntesis “de novo” y la actividad de enzimas responsables de la hidrólisis y translocación de los productos hidrolizados de los tejidos de reserva para el eje embrionario, afectando de este modo el proceso germinativo.

Por lo tanto Osorio (1995) menciona que los efectos de las sales en la planta pueden variar dependiendo de la etapa fenológica. La sensibilidad puede ser bastante diferente durante la etapa de germinación que de las siguientes. Algunos cultivos son muy sensibles a las sales solubles del suelo durante la etapa de germinación, pero son tolerantes después de esta etapa.

González y Ramírez (1996) mencionan que las plantas sometidas a salinización son afectadas desde la germinación hasta estados más avanzados del desarrollo. En el caso de la semilla se reduce la velocidad de imbibición de agua y por ende se presenta una disminución en la velocidad de la germinación, debido al efecto osmótico. Los procesos de división y alargamiento celular también pueden presentar alteraciones, así como la movilización de las reservas indispensables para que ocurra el proceso germinativo.

Moterle *et al.* (2006) indicaron que la disponibilidad de agua y el movimiento de agua para las semillas son muy importantes para la germinación y emergencia de plántulas estos factores están influenciados por el potencial hídrico del suelo, la textura del suelo y la superficie de contacto del suelo con la semilla.

Otros investigadores, trabajando en condiciones de laboratorio con semillas de maíz tratadas con potenciales osmóticos creados con soluciones salinas han observado reducciones en la germinación producto del potencial osmótico y posiblemente por la toxicidad de las sales, así como diferencias entre cultivares. Moterle *et al.* (2006) indicaron que la reducción en el potencial osmótico redujo el comportamiento de la semillas de maíz de cotufa y hubo un comportamiento diferencial entre los cultivares de maíz de cotufa de la tolerancia al estrés salino.

### **Otras investigaciones relacionadas**

En este sentido Isla (1996), menciona que a pesar de la amplia información existente acerca del efecto de la salinidad sobre los cultivos, no existe un consenso

generalizado en muchos puntos fundamentales a la hora de abordar un programa de mejora para condiciones salinas, ello puede deberse a que, si bien se conocen de forma bastante precisa los mecanismos que confieren tolerancia a las plantas halofitas, no sucede lo mismo con las glicofitas, grupo en las que se encuentran la mayor parte de las plantas cultivadas. A pesar que se han realizado numerosos trabajos para determinar el grado de tolerancia de distintos cultivos a la salinidad la información acerca de la variabilidad intraespecifica en los cultivos es mucho más escasa.

Por su parte Meloni *et al.* (2004) menciona que las plantas tolerantes al estrés salino recurren a diferentes estrategias: ajuste osmótico, exclusión de iones tóxicos de la parte aérea, translocación de fotoasimilados a órganos subterráneos, para incrementar el crecimiento del sistema radicular y asegurar una mayor disponibilidad de agua y nutrientes.

Rodrigues *et al.* (2002) indicaron que los tratamientos de salinidad del agua de riego con una conductividad eléctrica de 8.5 dS m<sup>-1</sup> deben haber reducido el potencial osmótico ( $\psi_o$ ) de la solución del suelo notablemente, afectando el proceso de imbibición por las semillas de arroz, siendo este efecto más marcado al quinto día, atrasando la germinación, la ocurrencia excesiva de sales solubles en el suelo causa una reducción en el potencial osmótico y como consecuencia, una reducción en el gradiente del potencial entre el suelo y la semilla, dificultando el proceso de imbibición y comprometiendo la germinación.

Figuroa *et al.* (2005) desarrollaron una metodología para evaluar la tolerancia a la salinidad de 10 variedades de alfalfa en etapas tempranas de desarrollo. Los tratamientos se establecieron con agua subterránea para uso agrícola con una conductividad eléctrica (CE) de 10.1 ds/m, diluida con agua para uso doméstico (CE= 0.9 ds/m). La germinación se evaluó en cajas petri y la etapa de plántula en envases de un litro con sustrato (perlita) y solución nutritiva. La germinación fue altamente afectada en la mayoría de las variedades y la materia seca en parte aérea tuvo una relación lineal con la salinidad, excepto en una variedad.

Por su parte Meza *et al.* (2004) evaluaron los efectos de la salinidad sobre la germinación y emergencia en semillas de níspero variedad Santiago, así como la concentración de sodio en la raíz y parte aérea de las plántulas emergidas bajo condiciones de invernadero. Los tratamientos de salinidad fueron 0.75 (testigo), 2.5, 4.5, 6.5 y 8.5 ds m<sup>-1</sup>. El inicio de la germinación y emergencia fue retrasada cuando se aumentaron los niveles de salinidad. Los niveles de sodio aumentaron tanto en la raíz como en la parte aérea de las plántulas en la medida que se incrementó la concentración salina.

Mismo autor en el 2007 evaluó el efecto de la salinidad sobre la germinación y la emergencia de plantas de *Passiflora edulis f. flavicarpa*. Los tratamientos salinos fueron agua destilada, 0.75; 2.5; 4.5 y 6.5 dS.m<sup>-1</sup> para la prueba de germinación. La prueba de emergencia se realizó bajo una estructura de techo transparente, donde se aplicaron los mismos tratamientos. El porcentaje de germinación se afectó negativa y significativamente con el incremento de las concentraciones salinas. El porcentaje de emergencia total mostró diferencias significativas, tendiendo a disminuir al

incrementarse la concentración total de sales. El mayor porcentaje de emergencia fue de 79% con la menor concentración ( $0.75 \text{ ds m}^{-1}$ ) y el menor de 48.6% correspondió al de  $6.5 \text{ ds m}^{-1}$ , el más salino.

(Ruiz, 1993) Evaluó líneas de frijol vigna en agua de mar diluida desde cero por ciento (testigo), 12.5%, 25% y 50%, encontró que la salinidad afecta la germinación ya que al 50% de esta se retarda e inclusive no se produce, igualmente la emergencia de la plántula se retarda y el crecimiento se reduce a medida que aumenta la concentración de la solución empleada.

La sal de  $\text{MgCl}_2$  estimulo la germinación sin embargo, al aumentar la concentración de la misma se volvió toxica provocando anormalidad en las plantas. Con  $\text{CaCl}_2$  se retraso la germinación sin embargo fue la mejor sal puesto que no mostró altos porcentajes de toxicidad y en cuanto a  $\text{NaCl}$  retraso e inhibió la germinación.

Cisneros (1993) Reporto que al evaluar genotipos de trigo harinero en agua de mar, diluida en agua destilada, en concentraciones de 0% (testigo), 12.5%, 25% y 50%, el presente autor encontró que ha 0% (agua destilada) la germinación ocurre a los siete días, al nivel del 25%, esta ocurre a los once y doce días, por lo que concluyo que el incremento en la salinidad retarda la emergencia, ocurriendo lo mismo en la germinación la cual no ocurrió en la dilución del 50%.

Tavera (1995) Evaluó los efectos de tres sales ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{MgCl}_2$ ) en tres especies de lycopersicon (l. Esculentum var., l. Chilense y l. Peruvianum) a tres valores de conductividad electrica en dieciSiemen por metro ( $3 \text{ dS/m}$ ,  $6 \text{ dS/m}$  y  $9$

dS/m) en la etapa de germinación bajo laboratorio. Se usaron cada una de las sales con cuatro concentraciones, 0 dS/m, 3 dS/m y 6 dS/m y 9 dS/m. Se aplicaron a las tres especies, los resultados obtenidos fueron que *l. Chilense* tolera hasta 6 dS/m de NaCl y CaCl<sub>2</sub>, mientras tanto que *l. Esculentum* var. tolera hasta 9 dS/m de las tres sales y *l. Peruvianum* fue excesivamente sensible con las tres sales.

Grijalva y Ríos (1995) Indican que al medir los efectos de cloruro de sodio en frijol encontraron que la emergencia se retarda a medida que la concentración de sodio aumenta, de tal manera que tuvo un retraso de 48 horas. Igualmente la altura, la longitud de la raíz, el área foliar y la biomasa (peso seco y fresco de raíz y brotes) fueron afectados a medida que la concentración de salinidad aumento.

Baca (1993) Evaluó el comportamiento del trigo en respuesta a un suelo salino establecido en un simulador de drenaje, uso suelo agrícola con problemas de salinidad con una conductividad eléctrica del extracto media de 10.57 mmhos/cm, un pH menor de 8.5 y con un porcentaje de sodio intercambiable menor de 15.0 se determinaron dos tipos de pruebas de germinación de laboratorio y de campo, el suelo utilizado presenta dos clases de suelos texturales migajón arenoso de 0 – 20 y migajón arcilloso de 20 – 100 cm de profundidad, obtuvo como resultado en la prueba de germinación un alto porcentaje de viabilidad tanto en la prueba de laboratorio donde se obtuvo un 81% de germinación en siete días y un 90% de germinación por ocho días en la prueba de campo, el ciclo del cultivo concluyo a los 101 días, la cual presento cinco etapas fonológicas.

Lo que corresponde a la salinidad se acentuaron dos síntomas durante el ciclo, presentando a los 48 días pequeñas manchas amarilla en las hojas y a los 68 días transcurriendo hasta el fin del ciclo ocasionando enrollamiento de las hojas jóvenes y planta espiga raquítica.

### **Medición de Conductividad Eléctrica (CEs)**

La dinámica de las sales solubles en el tiempo y en el espacio, es relativamente rápida; de ahí que, tanto en estudios de salinización como en aquellos otros de lavado y recuperación de suelos salinos, sea necesaria una monitorización a intervalos cortos y la recogida de un gran número de muestras. Si a esto le unimos que el análisis de las sales solubles, especialmente los aniones, es un proceso largo y no exento de dificultades, se comprende que, ya desde antiguo, la salinidad se intentase estimar de manera indirecta a partir de determinados parámetros de las soluciones salinas, cuya medida fuese relativamente fácil y rápida.

Gupta y Abrol (1990) Menciona que la acumulación de sales en la capa arable de los suelos causa una pérdida parcial o completa de productividad de los suelos. Este es un fenómeno mundial, las causas son múltiples y pueden ser antropogénico o de origen natural.

Dorrnsoro (2008) menciona que la conductividad eléctrica ha sido el parámetro más extendido y el más ampliamente utilizado en la estimación de la salinidad. Se basa en la velocidad con que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, la cual es proporcional a la concentración de sales en solución. Hasta hace unos años se

expresaba en mmhos/cm, hoy día las medidas se expresan en ds/m (dS/m=decisiemens/metro), siendo ambas medidas equivalentes (1 mmhos/cm = 1 dS/m). Por tanto la  $CE_S$  refleja la concentración de sales solubles en la disolución.

Báez (2002), menciona algo similar en cuanto a las unidades de medida para la salinidad de suelos, argumentando que el mmhos  $cm^{-1}$  es utilizado para expresar el contenido salino de un suelo y es numéricamente igual a dS  $m^{-1}$  (decisiemens por metro), mientras que micromhos  $cm^{-1}$  es una unidad muy común para el contenido de sales del agua, ya que la mayoría de las aguas utilizadas con fines de riego se encuentran por debajo o muy cerca de 1 dS  $m^{-1}$  o 1 mmhos  $cm^{-1}$  por lo que (1 mmhos  $cm^{-1}$  = 1 dS  $m^{-1}$  = 0.64 gr  $l^{-1}$  = 640 mg  $l^{-1}$ ).

Por su parte Isla (2008) menciona que los suelos salinos se caracterizan por un exceso de sales solubles en la solución del mismo. Desde el punto de vista agronómico, un suelo es considerado salino cuando la conductividad eléctrica es mayor a 4 dS/m.



## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización**

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Control de Calidad del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) y del departamento de fitomejoramiento, para las condiciones de invernadero, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), que se encuentra ubicada a los 25°23' de latitud Norte y 103° 01' de longitud Oeste, con una altitud de 1743 msnm; presenta una temperatura media anual de 19.8° C y precipitación anual promedio de 298.5 mm, en Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

### **Metodología de siembra**

El método de siembra se llevó a cabo bajo dos condiciones, laboratorio e invernadero, primeramente se obtuvo la calidad inicial de las especies utilizadas a través de pureza física y porcentaje de germinación de las semillas para: Zacate Buffel, Rhodes, Brizantha, Mulato II y Tanzania, una vez condicionadas se obtuvo la semilla desnuda trabajando con la carióspside esto con el objetivo de asegurar dicha siembra.

Los tratamientos utilizados, bajo diferentes intensidades de salinidad o conductividad eléctrica de 5, 10, 15, 20 y 25 dS/m de KCl, con un respectivo testigo fue de 0 dS/m, es decir, libre salinidad. Como deciSiemmen por metro (dS/m). Con el propósito de

evaluar el efecto de diferentes niveles de salinidad de suelo en la germinación y vigor de cinco especies de gramíneas forrajeras, bajo condiciones de laboratorio e invernadero.

La preparación de los tratamientos para obtener las condiciones de salinidad, con el Cloruro de potasio (KCl), se inicio al agregar 0.7456 grs. de KCl por cada litro de agua, obteniendo de esta forma 1.4 dS/m, una vez calculadas las concentraciones de sal, se realizó un análisis para corroborar la conductividad eléctrica.

En condiciones de laboratorio se sembraron cinco especies de gramíneas forrajeras, con seis tratamientos y cuatro repeticiones de cada especie a evaluar, la siembra sobre papel (cajas petri), debido a el tamaño de la semilla, todas las especies se impregnaron dependiendo de la intensidad de salinidad (5, 10, 15, 20 y 25 dS/m), y tomando en cuenta el testigo que fue riego normal con agua destilada, con un total de 25 semillas por cada repetición en cada tratamiento.

Lo que corresponde a la siembra en invernadero, se utilizo como sustrato perlita que es una material inerte, así como los tratamientos a utilizar con sus respectivas intensidades de salinidad (5, 10, 15, 20 y 25 dS/m), se lleva a cabo la siembra en charolas de unicel, semejante a el trabajo en laboratorio se tomaran seis tratamientos y cuatro repeticiones de 50 cavidades cada una de las especies a evaluar, en cuanto a el testigo se utilizara agua destilada libre de salinidad y con un total de 50 semillas por cada repetición en cada tratamiento. La aplicación fue mediante atomizadores.

## **Tratamientos**

**Cuadro 1.** Tratamientos evaluados para ambas condiciones, fueron seis concentraciones de cloruro de potasio (KCl), incluido el testigo, ajustados a las conductividades eléctricas correspondientes.

Tratamientos	Dosis de salinidad
	dS/m de KCl
T 1	0 (Testigo)
T 2	5
T 3	10
T 4	15
T 5	20
T 6	25

#### **Especies a evaluar**

- Zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) (BU)
- Rhodes (*Chloris gayana* L.) (RH)
- Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*) (BR)
- Mulato II (*Brachiaria hibrido*) (MU)
- Pasto guinea Var. Tanzania (*Panicum maximum*) (TA)

## **PARÁMETROS A EVALUAR**

En cuanto a los parámetros a evaluar se llevó a cabo en el laboratorio e invernadero, tomando como variables las siguientes:

### **LABORATORIO**

#### **Capacidad de germinación (CG %)**

Esta prueba tuvo como objetivo determinar en números porcentuales aquellas semillas que tuvieran la capacidad de producir una planta normal bajo condiciones favorables, la siembra se llevo a cabo sobre papel (cajas petri) debido a el tamaño de la semilla, humedeciéndolo e impregnando su respectiva concentración salina. Se sembraron 25 semillas, realizando cuatro repeticiones por tratamiento, previamente identificadas las cajas petri, se llevaron a una cámara de germinación a una temperatura de  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$  y humedad constante. Se obtuvo un primer conteo a los 7 días (plántulas normales) y a los 21 días (PN, PA y SSG), después de la siembra, en los cuales se consideraran las plantas normales (PN) obtenidas en esos días, anotándose las plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG), criterios de acuerdo a el procedimiento conforme a las reglas de la ISTA (2004) y la evaluación conforme al manual de la AOSA (1992).

#### **Plántulas Normales (PN)**

Se contabilizó aquellas plántulas que manifestaron un mejor desarrollo de sus estructuras esenciales; hipocotílo, cotiledones y radícula, tomándose como criterio un mínimo de 1.5 cm de longitud de plúmula y de radícula para considerarse como

plántula normal. Para obtener el porcentaje total de estas, se realizó la última evaluación a los 21 días después de la siembra, expresados en porcentajes.

### **Plántulas Anormales (PA)**

Se evaluó a los 21 días después de la siembra. Se clasificó que aquellas que presentaron las siguientes características: pobre desarrollo de la raíz, estructuras esenciales deformadas (raíz, hipocotílo, etc.), necrosidad en alguna estructura esencial, etc. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

### **Semillas Sin Germinar (SSG)**

Se evaluó a los 21 días después de la siembra, considerando que aquellas que no tuvieron alguna modificación o cambios en su estructura, como romper la testa. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

### **Vigor**

La metodología que se utilizó para medir el vigor fue la correspondiente para las pruebas de evaluación de la germinación y crecimiento de plántulas (Bennett, 2002). Las cuales se describen a continuación:

### **Índice de Velocidad de la Germinación (IVG)**

Esta variable se determinó con los conteos hechos al cuarto, séptimo, décimo y décimo cuarto día. Una semilla se consideró como germinada al presentar una longitud de plúmula o radícula de 4-5 mm. Para ello se utilizó la ecuación propuesta por Pill (1981), la cual se describe a continuación:

$$IVG = \Sigma (D_i - D_j)/i$$

Donde:

IVG = Índice de velocidad de germinación

$D_i$  = Número de semillas germinadas en el día

$D_j$  = Número de semillas germinadas en el conteo desde la siembra

$i$  = Número de días al momento del conteo desde la siembra

### **Primer Conteo (PC)**

El primer conteo se realizó a los siete días después de la siembra, determinando la cantidad de plántulas normales. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

### **Longitud Media de Plúmula (LMP)**

Esta variable se determinó solo a las plántulas normales, donde se seleccionaron cinco de estas plántulas al azar por repetición en cada tratamiento evaluado a los 21 días después de la siembra. Se evaluó con una regla de 30 cm la plúmula de cada una de ellas, los resultados fueron expresados en centímetros.

### **Longitud Media de Radícula (LMR)**

De las plántulas normales obtenidas, se seleccionaron cinco plántulas al azar por repetición en cada tratamiento a los 21 días después de la siembra respectivamente. Al igual que longitud de plúmula se midió con una regla de 30 cm la raíz de cada una de ellas, los resultados fueron expresados en centímetros.

## **INVERNADERO**

En esta etapa se sembraron en el invernadero cuatro repeticiones de 50 semillas por tratamiento a una profundidad de 5 mm en charolas de unicel de 200 cavidades cada una, utilizando un sustrato inerte (perlita). Las charolas fueron regadas con las soluciones salinas, ajustándose a las conductividades eléctricas de cada tratamiento, manteniendo la humedad constante.

### **Capacidad de Emergencia (CE %)**

Este parámetro se midió en porcentaje y se obtuvo al contar las plántulas emergidas sobre la superficie del suelo en cada repetición, registrándose a los 21 Días, después de la siembra respectivamente, en los cuales se consideraron las plántulas normales obtenidas. Se siguió la misma metodología de evaluación de invernadero, para plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar.

### **Plántulas Normales (PN)**

Se evaluó a los 21 días de la siembra. Se contabilizó aquellas plántulas que manifestaron un buen desarrollo de sus estructuras esenciales; tomándose como criterio un mínimo de dos cm de emergida del sustrato para considerarse como plántula normal. Los resultados se expresaron en porcentajes.

### **Plántulas Anormales (PA)**

Se evaluó a los 21 días de la siembra. Considerando aquellas que presentaban alguna anomalía en sus estructuras. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

### **Semillas Sin Germinar (SSG)**

Se evaluó a los 21 días de la siembra. Considerando como no germinadas aquellas que no emergieron del sustrato. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

### **Vigor**

#### **Primer Conteo (PC)**

El primer conteo se realizó a los siete días después de la siembra, determinando la cantidad de plántulas normales. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

#### **Índice de velocidad de emergencia (IVE)**

Esta variable se evaluó en base al número de plántulas emergidas por día. Se realizaron conteos diarios hasta los 21 días considerando aquellas que sobresalían de cinco y seis mm sobre la superficie del suelo. Se utilizó la fórmula de (Maquire, 1962), expresada en porcentaje:

$$IVE = \sum \text{No P/d} + \dots + \text{No P/d}.$$

Donde:

IVE = índice de velocidad de emergencia

No P = Número de plántulas emergidas

d = días después de la siembra



### **Longitud Media de Plúmula (LMP)**

Se midieron cinco plántulas normales seleccionadas al azar por repetición en cada tratamiento, las cuales fueron lavadas con agua destilada para quitarle el sustrato adherido, la evaluación se realizó a los 21 días después de la siembra, los resultados fueron expresados en centímetros.

### **Longitud Media de Radícula (LMR)**

Por lo que corresponde a esta variable se midieron cinco plántulas normales seleccionadas al azar por repetición en cada tratamiento, las cuales fueron lavadas con agua destilada para quitarle el sustrato adherido a la radícula, la evaluación se realizó a los 21 días después de la siembra, se expresó en centímetros.

### **Pesos seco de la plántula (PSP)**

La presente variable se aplicó específicamente en plántulas normales obtenidas a los 21 días después de la siembra, estas fueron sometidas en una estufa para secado a una temperatura de 65 °C, por 24 horas, dicha medición se expresó en miligramos.

## **DISEÑO EXPERIMENTAL**

La información que se obtuvo de las variables estudiadas de la investigación fueron analizadas mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con cuatro repeticiones, con el siguiente modelo estadístico:

### **Modelo estadístico.**

El modelo que se propone es el siguiente:

### **Completamente al azar con arreglo factorial**

$$Y_{ij} = \mu + a_i + b_j + a_{ij} + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Observaciones del  $ij$ ... esimo tratamiento

$\mu$  = Media general

$a_i$  = Efecto del  $i$ ... esimo nivel del factor A (Tratamientos)

$b_j$  = Efecto del  $j$ ... esimo nivel del factor B (Especies)

$a_{ij}$  = Efecto de tratamiento/especie.

$E_{ij}$  = Error Experimental.

Al correr las variables en el estadístico las que presenten significancia serán analizadas con una prueba de rango múltiple (Tukey  $P < 0.01$ ) para la comparación de medias (Steel y Torrie, 1986).

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) con un nivel de significancia de  $P \leq 0.01$  %. 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.

$\alpha$  = 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 apropiada.

Los análisis de varianza se realizaron mediante el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1989).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La información obtenida en la presente investigación tanto en laboratorio como en invernadero, así como los análisis estadísticos aplicados e interpretación de los mismos, se presentan los siguientes resultados y discusión para los parámetros evaluados.

### CONDICIONES EN LABORATORIO

**Cuadro 2.** Comparación de medias de cinco especies de gramíneas forrajeras en las variables evaluadas en condiciones de laboratorio.

ESP	CAPACIDAD DE GERMINACION (%)			PRUEBAS DE VIGOR			
	PN	PA	SSG	IVG (%)	PC (%)	LMP (cm)	LMR (cm)
Buffel	16.00 C	19.50 A	65.00 C	2.458 A	41.67 A	2.352 B	2.129 B
Rhodes	53.67 A	12.83 B	33.83 D	1.766 B	17.50 B	1.066 C	0.715 D
Tanzania	26.67 B	0.00 C	73.33 B	0.657 C	4.33 C	2.114 B	1.454 C
Brizanth	27.33 B	1.17 C	71.50 CB	0.848 C	15.17 B	4.811 A	3.641 A
Mulato	10.83 C	0.17 C	89.00 A	0.224 D	1.83 C	1.407 C	1.294 C
Niv. Sig.	**	**	**	**	**	**	**
CV	36.88790	64.33411	14.57800	39.75496	50.38130	29.53527	30.69420

\*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); NS = Nivel de Significancia; CV= Coeficiente de Variación (porcentaje); ESP = especies; PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas sin Germinar; \*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); NS = Nivel de Significancia; PC = Primer Conteo; IVG = Índice Velocidad de germinación; LMP = Longitud Media de Plúmula; LMR = Longitud Media de Radícula.

En el cuadro 2. Se concentra la información de la comparación de medias de las variables evaluadas por especie, bajo condiciones de laboratorio en cajas petri sobre papel filtro, los resultados obtenidos en el análisis muestra que los parámetros para capacidad de germinación: plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG), lo que corresponde a las variables en vigor son las siguientes: índice de velocidad de germinación (IVG), primer conteo (PC), longitud media de plúmula (LMP) y longitud media de radícula (LMR), en ambos análisis presentaron diferencias altamente significativas (\*\*) entre especies.

**Cuadro 3.** Comparación de medias de las variables evaluadas por tratamiento en condiciones de laboratorio.

TRAT	CAPACIDAD DE GERMINACION (%)			PRUEBAS DE VIGOR			
	PN	PA	SSG	IVG (%)	PC (%)	LMP (cm)	LMR (cm)
T1	48.80 A	3.80 C	47.40 D	1.822 A	23.60 A	3.375 A	2.797 A
T2	40.20 A	4.00 BC	56.40 C	1.533 BA	20.40 BA	3.350 A	2.794 A
T3	28.40 B	7.80 BA	63.80 C	1.113 BC	16.40 BA	2.795 BA	2.476 A
T4	18.20 C	8.40 A	73.40 B	1.020 C	15.40 B	2.160 BC	1.494 B
T5	16.80 DC	7.60 BAC	75.60 BA	0.962 C	14.00 BC	1.654 C	1.007 CB
T6	9.00 D	8.80 A	82.60 A	0.694 C	6.80 C	0.766 D	0.512 C
Niv. Sig.	**	**	**	**	**	**	**
CV	36.88790	64.33411	14.57800	39.75496	50.38130	29.53527	30.69420

\*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); NS = Nivel de Significancia; CV= Coeficiente de Variación (porcentaje); ESP = especies; PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas sin Germinar; \*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); NS = Nivel de Significancia; PC = Primer Conteo; IVG = Índice Velocidad de germinación; LMP = Longitud Media de Plúmula; LMR = Longitud Media de Radícula.

En el cuadro 3. Se concentra la información de la comparación de medias de las variables evaluadas por tratamiento, bajo condiciones de laboratorio en cajas petri sobre papel filtro, los resultados obtenidos en el análisis muestra que los parámetros para capacidad de germinación (PN, PA, SSG) y vigor (IVG, PC, LMP, LMR), presentan diferencias altamente significativas (\*\*) entre tratamientos.

**Cuadro 4.** Cuadrados medios de las variables estudiadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de laboratorio.

CAPACIDAD DE GERMINACIÓN				
FV	GL	PN (%)	PA (%)	SSG (%)
ESP	4	6561.87 **	1917.86 **	9883.80 **
TRAT	5	4627.44 **	100.05 **	3454.93 **
EE	87	98.46	18.76	94.07
CV %		36.88790	64.33411	14.57

\*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); NS = No Significativo; CV= Coeficiente de Variación (porcentaje); FV = Fuente de Variación; GL = Grados de Libertad; PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas sin Germinar.

En el cuadro 4. Se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza (ANVA) de los parámetros evaluados de la prueba de capacidad de germinación en porcentaje

para: plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG). Los resultados obtenidos en el análisis muestran que las variables estudiadas tuvieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los tratamientos (TRAT) y especies (ESP). Lo que demuestra que las distintas concentraciones salinas y a medida que estas incrementan tienen efecto sobre la germinación en gramíneas forrajeras.

**Cuadro 5.** Cuadrados medios de las variables estudiadas en las pruebas de vigor en condiciones de laboratorio.

PRUEBAS DE VIGOR					
FV	GL	IVG (%)	PC (%)	LMP (cm)	LMR (cm)
ESP	4	19.64 **	5990.87 **	51.88 **	30.23 **
TRAT	5	3.39 **	664.88 **	21.11 **	19.23 **
EE	87	0.22	65.79	0.48	0.32
CV %		39.75496	50.38130	29.53527	30.69420

\*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); NS = No Significativo; CV= Coeficiente de Variación (porcentaje); PC = Primer Conteo; IVG= Índice Velocidad de germinación; LMP = Longitud Media de Plúmula; LMR = Longitud Media de Radícula.

En la evaluación de las pruebas de vigor las variables: Índice de Velocidad de Germinación (IVG), Primer Conteo (PC), Longitud Media de Plúmula (LMP), y Longitud Media de Radícula (LMR), arrojaron en el análisis de varianza diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) tanto en especies, así como entre los tratamientos.

### Capacidad de germinación por especie

Debido a las diferencias estadísticas, la prueba de comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba de capacidad de germinación por especie, mostradas en el Cuadro 6, para la variable plántulas normales (PN), *Brizantha* obtuvo el mayor

número de plántulas con un 53.67 %, seguido de las especies Mulato y Rhodes, con 26.57 % y 27.33, siendo estadísticamente diferentes, presentando en forma decadente a Tanzania 16 % y Buffel con el 10.83 %, es decir el mas bajo porcentaje de plántulas normales. En la Figura 1, se observa la tendencia de las especies con respecto a la capacidad de germinación.

Los resultados obtenidos fueron similares a los encontrados por Bazzigalupi *et al.* (2008) al realizar un experimento con la gramínea *Thinopyrum ponticum*, en condiciones de laboratorio, encontró una disminución en la germinación en relación con el testigo (0 ds/m) en 4.2, 18.6 y 61 % en semillas tratadas con soluciones de NaCl equivalentes a 6, 12 y 18 ds/m, respectivamente.

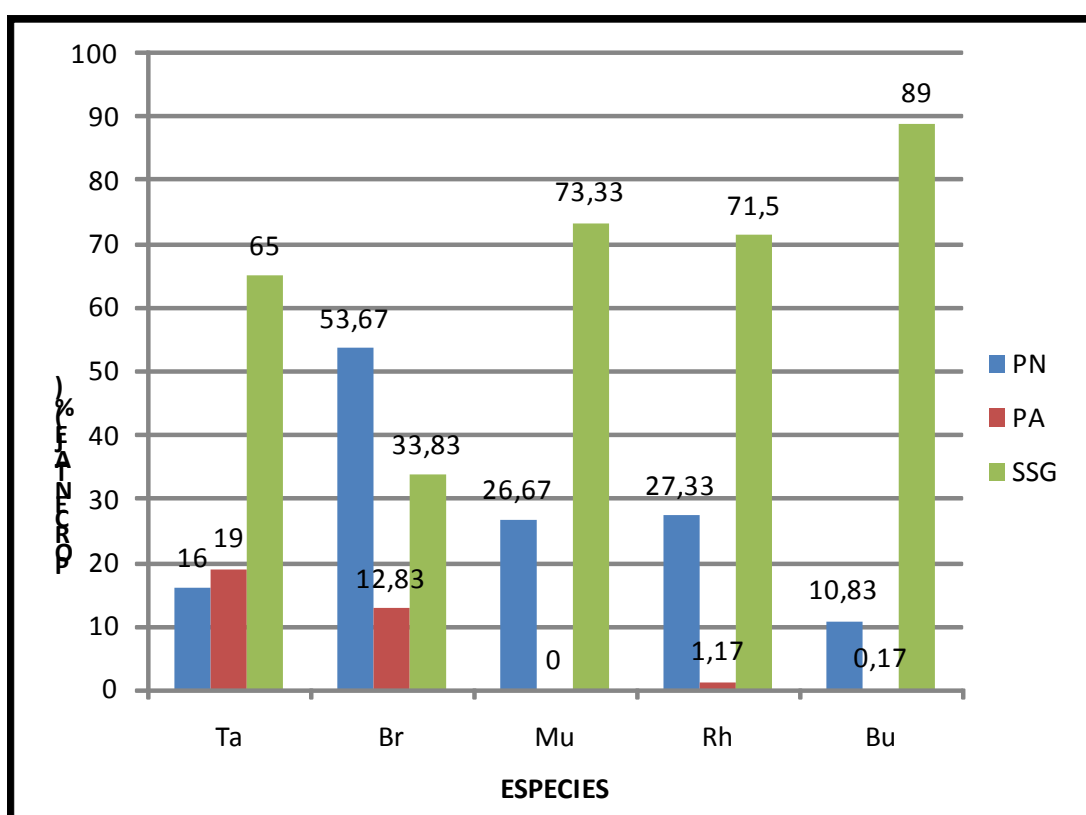
Respecto a plántulas anormales (PA) la comparación de medias (Cuadro 6) demuestra que Tanzania presento mayor número de PA con un 19.50 %, seguido de Brizantha con 12.83 %, siendo mulato el grupo estadístico que no obtuvo plántulas anormales (Figura 1).

En el caso de las semillas sin germinar (SSG) por lo que a comparación de medias corresponde, esto por especie (Cuadro 6) se observa que el pasto Brizantha presento el menor porcentaje con 33.83 %, seguido de Tanzania con 65 %, siendo estadísticamente diferentes, mientras que Rhodes, Mulato y Buffel presentando porcentajes de 71.50, 73.33 y 89 %, respectivamente, siendo Buffel la especie que presento el mayor porcentaje de SSG, se muestra en la Figura 1.

**Cuadro 6.** Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de laboratorio por especie.

CAPACIDAD DE GERMINACION (%)			
ESPECIES	PN	PA	SSG
Tanzania	16.00 C	19.50 A	65.00 C
Brizantha	53.67 A	12.83 B	33.83 D
Mulato	26.67 B	0.00 C	73.33 B
Rhodes	27.33 B	1.17 C	71.50 CB
Buffel	10.83 C	0.17 C	89.00 A

PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas Sin Germinar; Valores con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P < 0.01$ ).



**Figura 1.** Tendencia de las especies de gramíneas forrajeras con respecto a la capacidad de germinación sometida a salinidad en condiciones de laboratorio.

### Capacidad de Germinación por tratamiento

En el cuadro 7. Se muestra la comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba de capacidad de germinación por tratamiento, en base a las diferencias estadísticas, arrojando para la variable plántulas normales (PN) lo siguiente: el



testigo (T1) obtuvo el mayor número de plántulas con 48.80 %, seguido del (T2) con una concentración de 5 dS/m con un 40.20%, siendo estadísticamente iguales pero numéricamente diferentes, el tratamiento que presentó el menor número de PN fue el de 25 ds/m (T6) con un 9 %. En la Figura 2. Se observa la tendencia de los tratamientos respecto a la capacidad de germinación por tratamiento.

Dichos resultados concuerdan con Cuartero y Fernández (1999), al realizar una investigación con tomate en condiciones salinas, mencionan que a nivel de germinación, a medida que aumenta la concentración de sales en el medio, el porcentaje de germinación disminuye y el periodo en que este proceso se lleva a cabo se prolonga.

Estos resultados son similares a los encontrados por Everitt *et al.* (1983) al realizar un estudio de las características de germinación de la *Kochia scoparia* L. a diferentes tipos de sales y concentraciones, observaron que la germinación comenzó a disminuir significativamente a concentraciones de 20 ds/m.

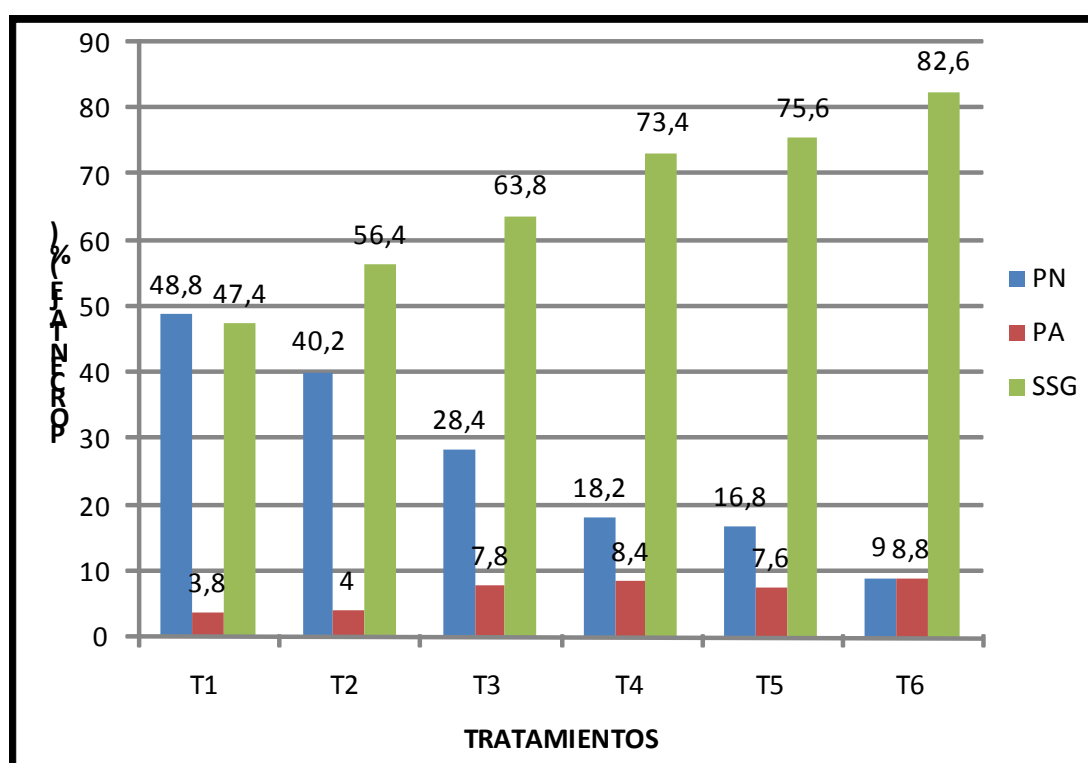
Lo que corresponde a plántulas anormales (PA) la comparación de medias (Cuadro 7), el grupo estadístico que presentó mayor número de PA, con las concentraciones de 15 dS/m (T4) con 8.40 % y la de 25 dS/m (T6) un 8.80 %, siendo estadísticamente iguales, seguido por el tratamiento (T3) 10 ds/m con 7.80 %, Por su parte las concentraciones de 5 ds/m (T2) y el testigo absoluto (T1), fueron los que presentaron mayor número de PA con 4 % y 3.80 % respectivamente, representando los datos en forma clara y explicable en la figura 2.

Para Semillas sin germinar (SSG), en la comparación de medias (Cuadro 7), se observa lo contrario a PN, arrojando que el testigo (T1) presentó el menor porcentaje de SSG con un 47.40 %, seguido de la concentración de 5 dS/m (T2) con 56.40 %, y el tratamiento (T3) con una concentración de salinidad de 10 dS/m presentó 63.80 %, siendo estadísticamente diferentes, siendo el tratamiento (T6) el que presentó el mayor porcentaje de SSG, con un grado de salinidad de 25 dS/m (Figura 2).

**Cuadro 7.** Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba de capacidad de germinación en condiciones de laboratorio por tratamiento.

CAPACIDAD DE GERMINACION (%)			
TRATAMIENTOS	PN	PA	SSG
T1	48.80 A	3.80 C	47.40 D
T2	40.20 A	4.00 BC	56.40 C
T3	28.40 B	7.80 BA	63.80 C
T4	18.20 C	8.40 A	73.40 B
T5	16.80 DC	7.60 BAC	75.60 BA
T6	9.00 D	8.80 A	82.60 A

PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas Sin Germinar; Valores con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P < 0.01$ ).



**Figura 2.** Respuesta a la germinación en semilla de gramíneas forrajeras bajo distintas concentraciones de salinidad en condiciones de laboratorio.

### **Pruebas de Vigor por especie**

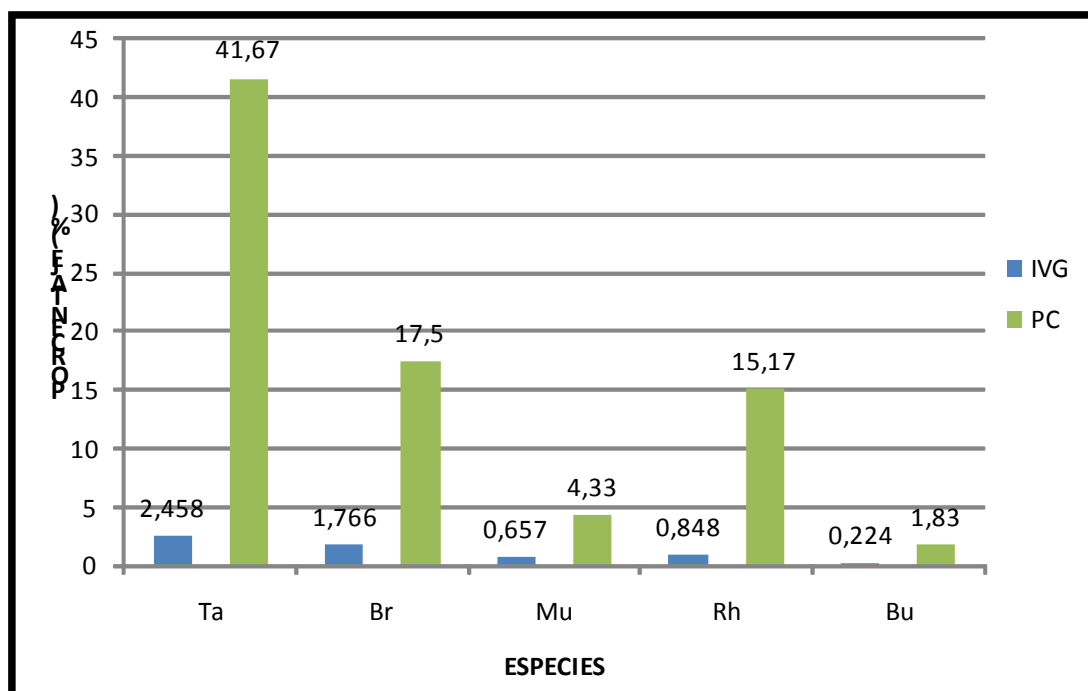
En la variable índice velocidad de germinación (IVG) al realizar la comparación de medias (Cuadro 8) se observó que el grupo estadístico formado por la especie Tanzania fue el que presentó una mejor respuesta con un índice de 2.458 %, seguido de la Brizantha con 1.766 %, estadísticamente diferentes, mientras que Mulato y Rhodes, fueron estadísticamente iguales, con índices de 0.657 y 0.848 %, siendo el pasto Buffel el que presentó el más bajo índice de germinación con 0.224 %. En la Figura 3, se muestra el comportamiento de las especies, donde se observa la tendencia de cómo el índice de germinación disminuye en cada uno de las especies en estudio. Lo anterior tiene una relación con Fanti y Pérez (2004), ya que mencionan que una reducción en el porcentaje de germinación y un atraso en el inicio del proceso germinativo con el aumento del estrés salino puede estar relacionado con una sequía fisiológica producida, pues cuando existe un aumento de la concentración de sales en el medio germinativo, hay una disminución del potencial osmótico y consecuentemente, una reducción del potencial hídrico.

Otra variable para indicativo de vigor es el primer conteo (PC) evaluado a los siete días después de la siembra, en este caso la comparación de medias (Cuadro 8), para Tanzania expresa el mayor valor en PC con 41.67 %, seguido del grupo estadístico que conforma Brizantha y Rhodes con 17.50 y 15.17 % estadísticamente iguales, mientras que las especies Mulato y Buffel, reportaron los porcentajes más bajos con 4.33 y 1.83 %. Dichos resultados obtenidos a los siete días después de la siembra.

**Cuadro 8.** Comparación de medias de las variables evaluadas en las pruebas de vigor en condiciones de laboratorio por especie.

PRUEBAS DE VIGOR				
ESPECIES	IVG (%)	PC (%)	LMP (cm)	LMR (cm)
Tanzania	2.458 A	41.67 A	2.352 B	2.129 B
Brizantha	1.766 B	17.50 B	1.066 C	0.715 D
Mulato	0.657 C	4.33 C	2.114 B	1.454 C
Rhodes	0.848 C	15.17 B	4.811 A	3.641 A
Buffel	0.224 D	1.83 C	1.407 C	1.294 C

IVG= Índice Velocidad de germinación; PC = Primer Conteo; LMP = Longitud Media de Plúmula; LMR = Longitud Media de Radícula. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P < 0.01$ ).

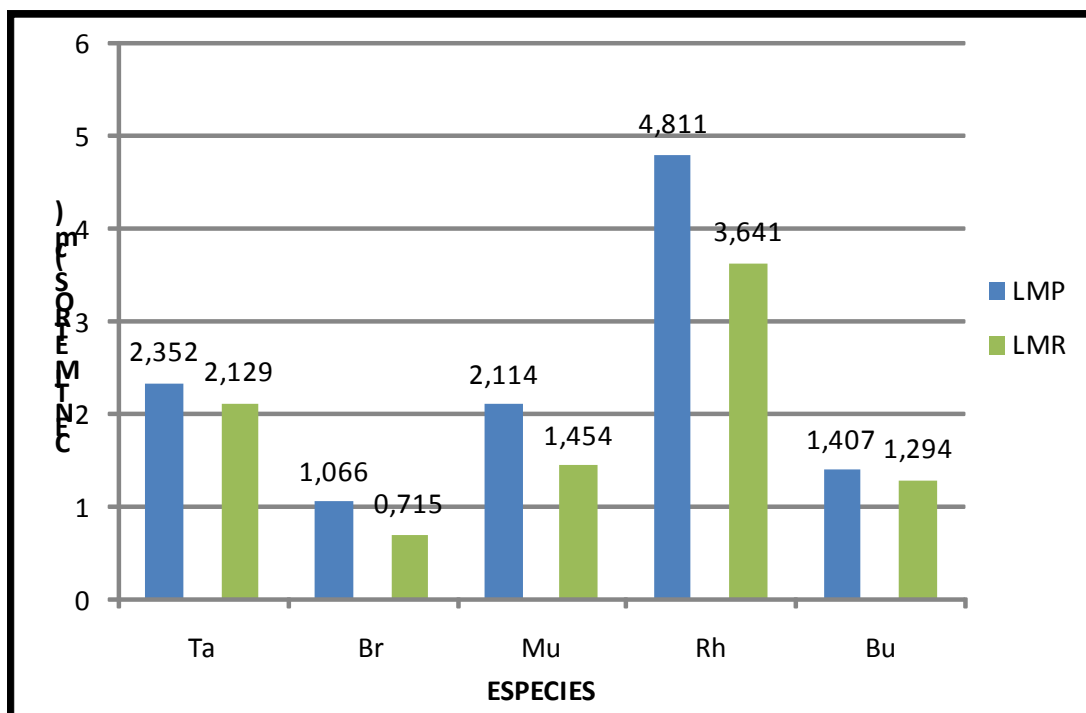


**Figura 3.** Tendencia de las especies de gramíneas forrajeras con respecto a las pruebas de vigor (IVG) sometida a salinidad en condiciones de laboratorio.

En la variable longitud media de plúmula (LMP) la comparación de medias (Cuadro 8) demostró que Rhodes presentó la mayor longitud con 4.811 cm, mientras que Brizantha y Buffel fueron los genotipos más afectados en el crecimiento de la parte aérea de la plántula ya que presentaron 1.066 y 1.407 cm de longitud, lo que nos

indica que son más susceptibles a las concentraciones de sales teniendo por consecuencia una tendencia menor para prolongar su crecimiento. En la figura 4 se muestra el efecto de la salinidad de las gramíneas en estudio sobre la longitud Media de Plúmula. Dichos resultados son similares con Musito *et al.* (2004), Evaluando en laboratorio la longitud de la radícula y la plúmula de 13 genotipos de maíz en cinco niveles de salinidad (0, 3, 6, 9, 12 decisiemens), en la investigación no se detectó una tendencia significativa, se esperaba que cada genotipo mostrara una tendencia descendente respecto a la longitud radicular a medida que se incrementara el nivel de salinidad, la cual no sucede.

Para el parámetro longitud media de radícula (LMR) en la comparación de medias se observa que Rhodes alcanzó la mayor longitud de raíz con 3.641 cm, seguido de Tanzania con 2.129 cm, estos datos coinciden con los arrojados en la longitud media de plúmula, por su parte la gramínea Brizantha obtuvo menor longitud de radícula con 0.715 cm, como se puede apreciar en la figura 4. Al comparar los resultados con Romero *et al.* (2001) nos indican que a nivel de raíces, las sales alteran la absorción de agua afectando el crecimiento de estos órganos; además que también actúan produciendo efectos tóxicos. Asimismo, Ye *et al.* (2005) mencionan que la emergencia radicular es demorada con altas concentraciones salinas.



**Figura 4.** Tendencia de las especies de gramíneas forrajeras con respecto a las pruebas de vigor (LMP y LMR) sometida a salinidad en condiciones de laboratorio.

### Pruebas de vigor por tratamiento

En la variable índice velocidad de germinación (IVG) al realizar la comparación de medias (Cuadro 9) se observó que el testigo (T1) fue el que presentó una mejor respuesta con un índice de 1.822 %, seguido de la concentración de 5 ds/m (T2) con 1.533 %, por lo que corresponde a las conductividades de 15, 20 y 25 dS/m presentaron índices de 1.020, 0.962 y 0.694 % respectivamente, siendo el grupo estadístico presentó los índices más bajos de germinación. En la Figura 5 se muestra el comportamiento de los tratamientos, donde se observa la tendencia de cómo el índice de germinación va disminuyendo a medida que las concentraciones salinas aumentan. Relacionado a lo anterior, Fanti y Pérez (2004) mencionan que una reducción en el porcentaje de germinación y un atraso en el inicio del proceso germinativo con el aumento del estrés salino puede estar relacionado con una sequía fisiológica producida, pues cuando existe un aumento de la concentración de sales en

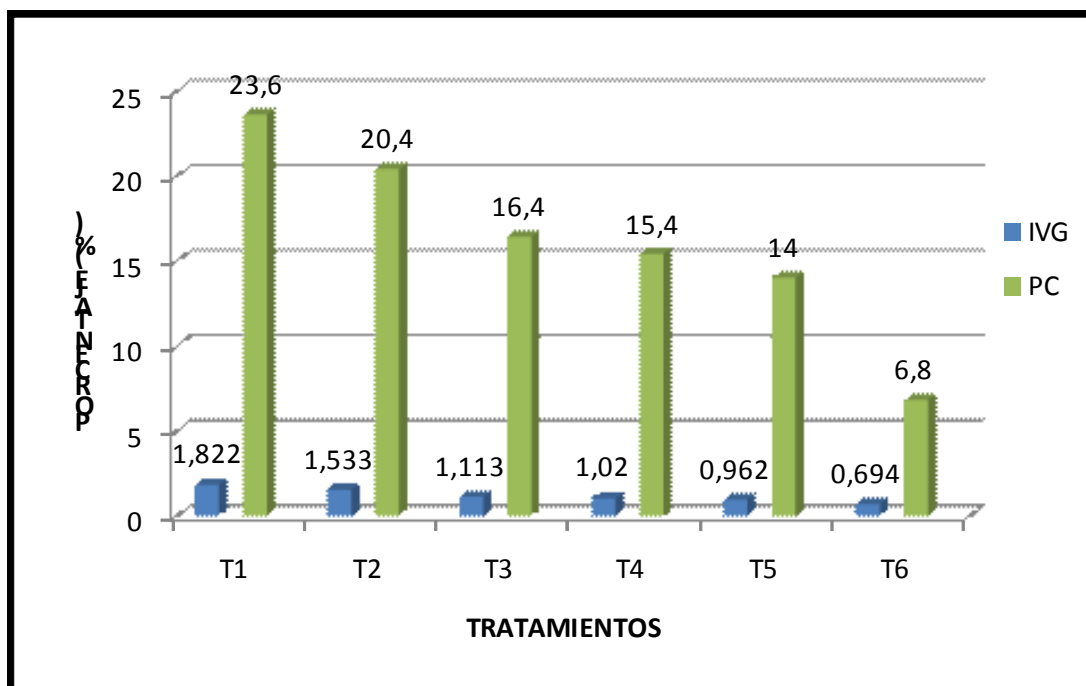
el medio germinativo, hay una disminución del potencial osmótico y consecuentemente, una reducción del potencial hídrico.

En la variable primer conteo (PC) la comparación de medias (Cuadro 9) el testigo (T1) presento el mayor valor en PC con 23.60 %, seguido del T4 con una conductividad eléctrica de 15 dS/m con un valor de 15.40 %, para las conductividades de 20 ds/m y 25 ds/m, reportaron los porcentajes más bajos con 14 y 6.80 %, siendo estadísticamente iguales. En la figura 5, se aprecia el efecto de las distintas concentraciones de salinidad a los siete días que se realizó el primer conteo.

**Cuadro 9.** Comparación de medias de las variables evaluadas en las pruebas de vigor en condiciones de laboratorio por tratamiento.

<b>PRUEBAS DE VIGOR</b>				
<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>IVG (%)</b>	<b>PC (%)</b>	<b>LMP (cm)</b>	<b>LMR (cm)</b>
<b>T1</b>	1.822 A	23.60 A	3.375 A	2.797 A
<b>T2</b>	1.533 BA	20.40 BA	3.350 A	2.794 A
<b>T3</b>	1.113 BC	16.40 BA	2.795 BA	2.476 A
<b>T4</b>	1.020 C	15.40 B	2.160 BC	1.494 B
<b>T5</b>	0.962 C	14.00 BC	1.654 C	1.007 CB
<b>T6</b>	0.694 C	6.80 C	0.766 D	0.512 C

IVG= Índice Velocidad de germinación; PC = Primer Conteo; LMP = Longitud Media de Plúmula; LMR = Longitud Media de Radícula. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (P<0.01).

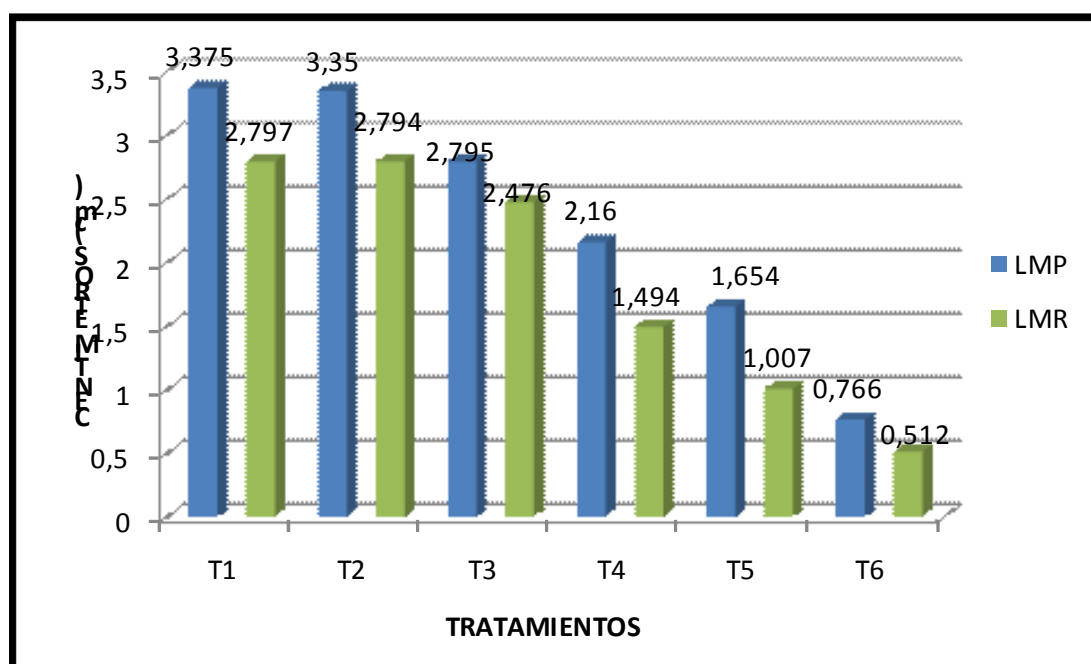


**Figura 5.** Respuesta a la germinación en semilla de gramíneas forrajeras bajo distintas concentraciones de salinidad, respecto a las pruebas de vigor (IVG y PC), en condiciones de laboratorio.

En la variable longitud media de plúmula (LMP), la comparación de medias (Cuadro 9) arroja que el testigo (T1) y el T2 con conductividad eléctrica de 5 dS/m presentaron las mayores longitudes con 3.375 y 3.350 cm respectivamente, siendo estadísticamente iguales, lo que nos indicó que a estas concentraciones de sales hay una tendencia a la estimulación para prolongar su crecimiento, estadísticamente el T3 es igual a T1 y T2, mientras que el tratamiento que más afectó el crecimiento de la plántula fue el de 25 dS/m ya que presentó una longitud de 0.766 cm. En la Figura 6 se muestra el efecto de la salinidad sobre la plúmula. Estos resultados coinciden con los encontrados por Argetel *et al.* (2006), Al realizar un estudio en laboratorio sobre el efecto de diferentes concentraciones salinas de NaCl con 12, 15, 22, 25 y 28 dS/m en Trigo variedad Cuba-C-204, observo un incremento significativo en la longitud de la plúmula y longitud de la raíz a medida que aumentaron las concentraciones de sales, encontrando anomalías respecto al testigo del 33 y 35 % para niveles de 25 y 28 ds/m, respectivamente.



Para el parámetro longitud media de radícula (LMR) en la comparación de medias (Cuadro 9) se observa que el testigo (T1), 5 dS/m (T2) y 10 dS/m (T3), alcanzaron la mayor longitud de raíz con los valores 2.797, 2.794 y 2.746 cm, respectivamente, siendo estadísticamente iguales, Mientras que el T6 alcanzó una longitud de 0.512 cm, obteniendo la menor longitud de radícula como se aprecia en la Figura 6. Los resultados obtenidos son similares a la teoría de Romero *et al.* (2001) ya que nos indican que a nivel de raíces, las sales alteran la absorción de agua afectando el crecimiento de estos órganos; además que también actúan produciendo efectos tóxicos. Asimismo, Ye *et al.* (2005) mencionan que la emergencia radicular es demorada con altas concentraciones salinas.



**Figura 6.** Respuesta a la germinación en semilla de gramíneas forrajeras bajo distintas concentraciones de salinidad, respecto a las pruebas de vigor (LMP y LMR), en condiciones de laboratorio.

## CONDICIONES EN INVERNADERO

**Cuadro 10.** Concentración de comparación de medias de las variables evaluadas por especie, en invernadero.

ESP	CAPACIDAD DE GERMINACION (%)			PRUEBAS DE VIGOR				
	PN	PA	SSG	IVE (%)	PC (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PSP (mg)
TA	66.50 A	10.00 BA	22.33 D	3.23 A	0.33 B	2.98 C	2.84 B	201.83 BA
BR	34.08 B	13.42 A	53.33 C	2.37 B	8.67 A	6.01 B	4.25 A	273.96 A
MU	26.00 CB	9.08 BA	65.25 B	1.62 C	3.67 B	5.29 B	3.46 BA	233.58 BA
RH	19.58 CD	3.58 B	76.83 A	1.54 C	11.50 A	8.47 A	4.21 A	153.42 B
BU	14.50 D	11.83 A	73.67 BA	1.73 C	13.08 A	1.37 D	0.96 C	11.92 C
Niv. Sig.	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V.	32.025	84.684	18.271	34.072	79.840	30.815	32.703	62.712

\*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); NS = No Significativo; CV= Coeficiente de Variación (porcentaje); ESP = especies; PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas sin Germinar; Niv. Sig. = Nivel de Significancia; PC = Primer Conteo; IVE = Índice Velocidad de Emergencia; LMP = Longitud Media de Plúmula; LMR = Longitud Media de Radícula, PSP = Peso Seco de Plántula.

En el cuadro 10. Se concentra la información de la comparación de medias de las variables evaluadas por especie, bajo condiciones de invernadero, los resultados obtenidos en el análisis de varianza, muestran diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre especies para las variables de capacidad de germinación: plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG). Así como las pruebas de vigor: índice de velocidad de emergencia (IVE), primer conteo (PC), longitud media de plúmula (LMP) y longitud media de radícula (LMR) y peso seco de plántula (PSP), presentaron diferencias altamente significativas (\*\*) entre especies.

**Cuadro 11.** Concentración de comparación de medias de las variables evaluadas por tratamiento, en invernadero.

TRAT	CAPACIDAD GERMINACION (%)			PRUEBAS DE VIGOR				
	PN	PA	SSG	IVE (%)	PC (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PSP (mg)
T1	56.10 A	0.00 C	43.90 D	2.778 A	10.30 BA	7.48 A	4.67 BA	397.95 A
T2	51.10 A	3.20 C	46.10 DC	2.815 A	11.30 A	7.27 A	4.76 A	305.20 A
T3	38.20 B	5.60 BC	55.80 C	1.931 B	4.60 C	4.75 CB	3.12 C	135.90 B

T4	32.10 B	15.90 A	51.00 DC	2.623 A	11.20 A	4.99 B	3.74 BC	126.65 CB
T5	13.70 C	19.80 A	67.50 B	1.585 B	5.40 BC	3.59 C	2.06 D	53.95 CB
T6	1.60 D	13.00 BA	85.40 A	0.863 C	1.90 C	0.86 D	0.52 E	30.00 C
Niv. Sig.	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V.	32.025	84.684	18.271	34.072	79.840	30.815	32.703	62.712

\*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); NS = No Significativo; CV= Coeficiente de Variación (porcentaje); ESP = especies; PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas sin Germinar;; Niv. Sig. = Nivel de Significancia; PC = Primer Coteo; IVE = Índice Velocidad de Emergencia; LMP = Longitud Media de Plúmula; LMR = Longitud Media de Radícula, PSP = Peso Seco de Plántula.

En el cuadro 11. Se concentra la información de la comparación de medias de las variables evaluadas por tratamiento, bajo condiciones de invernadero, los resultados obtenidos en el análisis muestra que los parámetros para capacidad de germinación (PN, PA, SSG) y vigor (IVG, PC, LMP, LMR, PSP), presentan diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre tratamientos.

Para todas variables evaluadas fue necesario hacer una prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para poder hacer una buena comparación de medias, para determinar el comportamiento por especies y tratamientos a condiciones salinas.

En el cuadro 12. Se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza (ANVA) de los parámetros evaluados de la prueba de capacidad de germinación en porcentaje para: plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG). Los resultados obtenidos en el análisis muestran que las variables estudiadas tuvieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los tratamientos (TRAT) y especies (ESP). Lo que demuestra que las distintas concentraciones salinas y a medida que estas incrementan tienen efecto sobre la germinación en gramíneas forrajeras.

**Cuadro 12.** Cuadrados medios de las variables estudiadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de Invernadero.

<b>CAPACIDAD DE GERMINACIÓN</b>				
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>PN (%)</b>	<b>PA (%)</b>	<b>SSG (%)</b>
ESP	4	10145.550 **	337.083 **	11677.133 **
TRAT	5	8972.053 **	1217.633 **	4939.153 **
EE	87	105.900	65.863	113.409
CV %		32.02528	84.68469	18.27176

\*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); NS = No Significativo; CV= Coeficiente de Variación (porcentaje); PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas sin Germinar.

En el cuadro 13. se encontraron diferencias altamente significativas en el análisis de varianza entre especies y tratamientos, para todas las variables en estudio, pruebas de vigor: Índice de Velocidad de Germinación (IVG), Primer conteo (PC), Longitud Media de Plúmula (LMP), Longitud Media de Radícula (LMR) y peso seco de plántula (PSP),

**Cuadro 13.** Cuadrados medios de las variables estudiadas en las pruebas de vigor en condiciones de invernadero.

<b>PRUEBAS DE VIGOR</b>						
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>IVE (%)</b>	<b>PC (%)</b>	<b>LMP (cm)</b>	<b>LMR (cm)</b>	<b>PSP (mg)</b>
ESP	4	12.17 **	687.46 **	181.3 **	43.94 **	246040.70 **
TRAT	5	12.28 **	320.54 **	121.10 **	53.43 **	424813.42 **
EE	87	0.512	35.380	2.208	1.06	12036.369
CV %		34.07	79.84	30.81	32.70	62.71

\*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); NS = No Significativo; CV= Coeficiente de Variación (porcentaje); PC = Primer conteo; IVG= Índice Velocidad de germinación; LMP = Longitud Media de Plúmula; LMR = Longitud Media de Radícula; PSP = Peso Seco de Plántula.

### Capacidad de germinación por especie

En el Cuadro 14, fue necesario realizar la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) para la comparación de medias y así, determinar que especie y/o tratamiento presentan mejor comportamiento.

**Cuadro 14.** Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de invernadero por especie.

<b>CAPACIDAD DE GERMINACION (%)</b>					
<b>ESPECIES</b>	<b>PN</b>		<b>PA</b>		<b>SSG</b>
Tanzania	66.50	A	10.00	BA	22.33 D
Brizantha	34.08	B	13.42	A	53.33 C
Mulato	26.00	CB	9.08	BA	65.25 B
Rhodes	19.58	CD	3.58	B	76.83 A
Buffel	14.50	D	11.83	A	73.67 BA

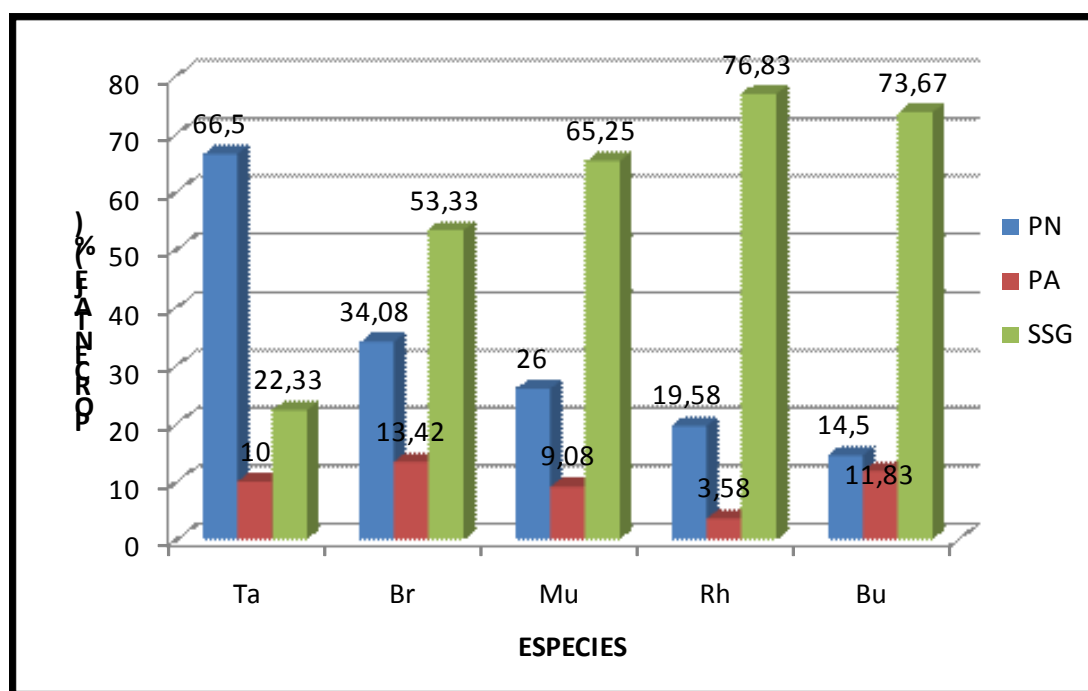
PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas Sin Germinar; Valores con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P < 0.01$ ).

Debido a las diferencias estadísticas, la prueba de comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba de capacidad de germinación in vivo por especie, mostradas en el Cuadro 14, para la variable plántulas normales (PN), el grupo estadístico que obtuvo el mayor porcentaje plántulas fue Tanzania con un 66.50 %, siendo Buffel y Rhodes con 14.50 % y 19.58%, el grupo estadístico con más bajo porcentaje de plántulas normales, estadísticamente iguales, lo cual indica que las concentraciones de salinidad afectan de forma considerable la germinación de dichas especies (Figura 7). Por su parte Basnayake *et al.* (1994) mencionan que la ocurrencia excesiva de sales solubles en el suelo causa una reducción en el potencial osmótico y como consecuencia, una reducción en el gradiente del potencial entre el suelo y la semilla, dificultando el proceso de imbibición y comprometiendo la germinación

Los resultados obtenidos fueron similares a Da Silva *et al.* (2007), encontrando que la germinación y la tasa de germinación de semillas de cebada disminuyeron a medida que se incrementó el nivel de salinidad, reduciendo la viabilidad y vigor de las semillas debido a que la salinidad afectó la integridad de las membranas.

Respecto a plántulas anormales (PA) la comparación de medias (Cuadro 14) demuestra que el grupo estadístico formado por Tanzania, Brizantha, Mulato y Buffel, presento mayor número de PA con un 10, 13.42, 9.08 y 11.83 %, respectivamente, siendo estadísticamente iguales, por su parte la especie Rhodes con 3.58 %, fue la especie que presento el menor número de plántulas anormales, como se muestra (Figura 7). Lo anterior tiene relación con Ramos *et. al* (2004), ya que mencionan que el contenido elevado de sales en los suelos, especialmente el cloruro y el sulfato de sodio, afectan el crecimiento de las plantas modificando sus características morfológicas y anatómicas.

En el caso de las semillas sin germinar (SSG) por lo que a comparación de medias corresponde por especie (Cuadro 14) se observa que el pasto Tanzania presento el menor porcentaje con 22.33 %, seguido de Brizantha con 53.33 %, siendo estadísticamente diferentes, mientras que Rhodes, Mulato y Buffel presentaron porcentajes de 65.25, 76.83 y 73.67 %, respectivamente, por lo que corresponde a este grupo, son estadísticamente iguales, siendo numéricamente diferente la especie Rhodes ya que presento el mayor porcentaje de SSG, se muestra en la Figura 7.



**Figura 7.** Tendencia de las especies de gramíneas forrajeras con respecto a la capacidad de germinación sometida a salinidad en condiciones de invernadero.

### Capacidad de Germinación por tratamiento

La prueba de comparación de medias nos muestra que en la variable plántulas normales (PN), la mejor respuesta fue para el grupo estadístico formado por T2 con 5 dS/m y el testigo con un 51.10 % y 56.10 %, estadísticamente son iguales, decreciendo a medida que aumentó la concentración el grupo estadístico constituido por los tratamientos de 10 ds/m y 15 ds/m reportaron porcentajes de 38.20 y de 32.10 %, por lo que respecta al grupo formado por los tratamientos de 20 ds/m y 25 ds/m presentaron el menor número de plántulas normales con un 13.70 y 1.60 %, respectivamente, siendo estadísticamente diferentes entre ellos, lo cual indica que a estas concentraciones de salinidad se afecta de forma considerable la germinación de las semillas a medida que esta va en incremento (Figura 8). Preservando dichos resultados, Cavalcante y Pérez (1995) mencionan que la salinidad influye

significativamente la respuesta germinativa de la semilla, un exceso de sales solubles provoca una reducción del potencial hídrico del suelo, induciendo una menor capacidad de absorción de agua por las semillas, esta reducción del potencial hídrico y de los efectos tóxicos de las sales interfiere inicialmente en el proceso de absorción de agua por las semillas influenciando la germinación.

Por su parte Da Silva *et al.* (2007) encontraron que la germinación y la tasa de germinación de semillas de cebada disminuyeron a medida que se incrementó el nivel de salinidad, reduciendo la viabilidad y vigor de las semillas debido a que la salinidad afectó la integridad de las membranas.

Por lo que corresponde a plántulas anormales (PA) la comparación de medias (Cuadro 15), para la concentración 15 dS/m (T4) con 15.90 %, 20 dS/m (T5) con 19.80 y la de 25 dS/m (T6) un 13 %, fueron el grupo estadístico que presento el mayor número de PA, lo que estadísticamente son iguales, seguido del grupo estadístico el cual esta formado por el testigo (T1) sin plántulas anormales (figura 8). Los resultados tienen relación con Ramos *et. al* (2004) ya que mencionan que el contenido elevado de sales en los suelos, especialmente el cloruro y el sulfato de sodio, afectan el crecimiento de las plantas modificando sus características morfológicas y anatómicas.

Para semillas sin germinar (SSG) en la comparación de medias (Cuadro 15), se observa que el grupo estadístico testigo (T1) presento el menor porcentaje de SSG con un 43.90 %, sin embargo estadísticamente igual con los tratamientos a partir de la concentración de 5 dS/m (T2) con 46.10 %, el tratamiento (T3) con una

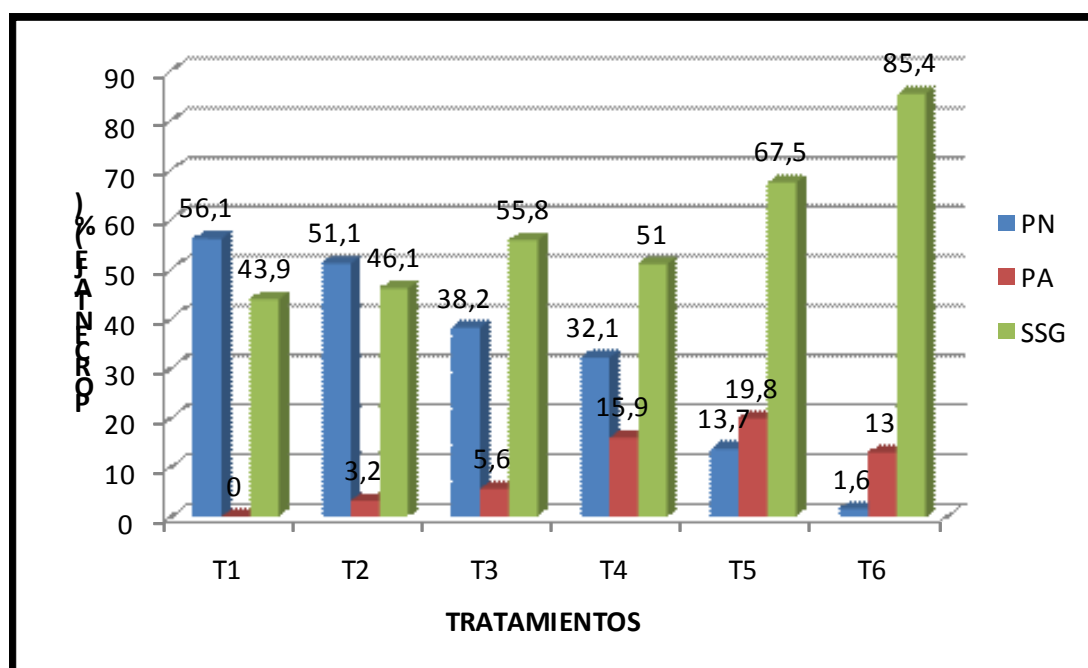


concentración de salinidad de 10 dS/m presento 55.80 % y T4 con 15 dS/m, mientras que el T6 presentó el mayor porcentaje de SSG, afectando considerablemente e inhibiendo la germinación en dicho tratamiento (Figura 8).

**Cuadro 15.** Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de invernadero por tratamiento.

CAPACIDAD DE GERMINACION (%)			
TRATAMIENTOS	PN	PA	SSG
T1	56.10 A	0.00 C	43.90 D
T2	51.10 A	3.20 C	46.10 DC
T3	38.20 B	5.60 BC	55.80 C
T4	32.10 B	15.90 A	51.00 DC
T5	13.70 C	19.80 A	67.50 B
T6	1.60 D	13.00 BA	85.40 A

PN = Plántulas Normales; PA = Plántulas Anormales; SSG = Semillas Sin Germinar; Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (P<0.01).



**Figura 8.** Respuesta a la germinación en semilla de gramíneas forrajeras bajo distintas concentraciones de salinidad en condiciones de invernadero.

### Pruebas de vigor por especie

En la variable índice velocidad de Emergencia (IVE) al realizar la comparación de medias (Cuadro 16) se observo Tanzania fue el que presentó una mejor respuesta con

un índice de 3.23 %, seguido de Brizantha con 2.37 %, estadísticamente diferentes, mientras que el grupo estadístico que conforma Mulato, Rhodes y Buffel, fueron estadísticamente iguales pero numéricamente diferentes, con índices de 1.62, 1.54 y 1.73 %, presentando el más bajo índice de velocidad de germinación esto numéricamente diferentes. En la Figura 9 se muestra el comportamiento de las especies, donde se observa la tendencia de cómo el efecto de salinidad influye en el índice de velocidad de emergencia, ya que a medida que va en incremento tiene influencia en cada uno de las especies estudiadas.

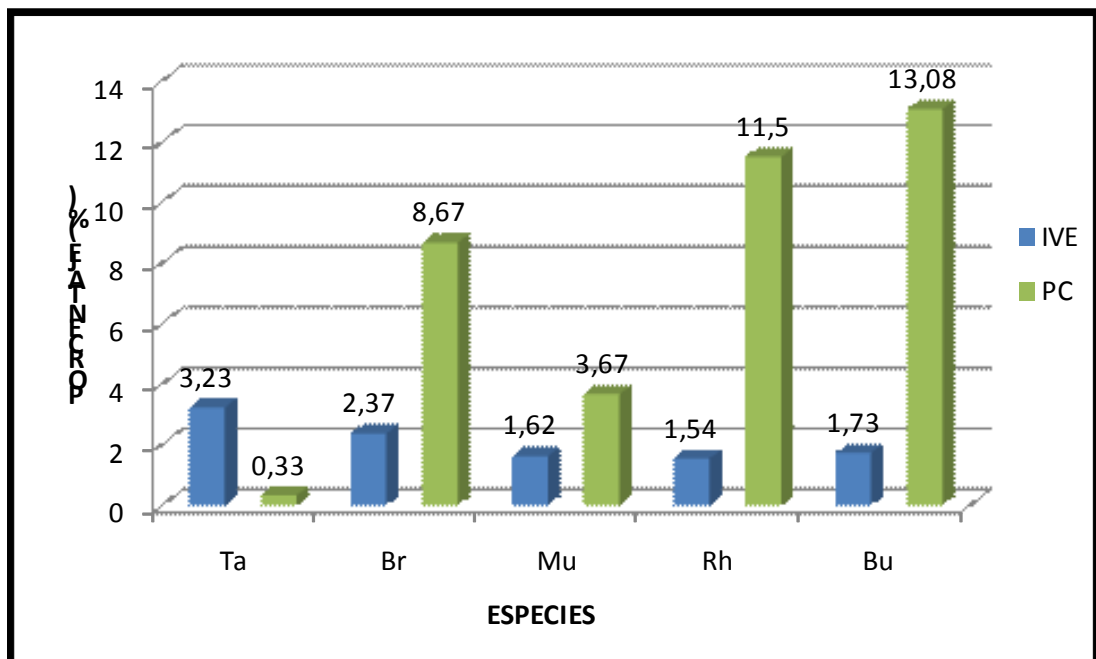
Resultados similares encontraron Steppuhn y Wall (1993) al estudiar el efecto que presenta la mezcla de sales de NaCl y CaCl<sub>2</sub> a diferentes concentraciones en la germinación y emergencia de la *Kochia scoparia L.* El tiempo requerido para alcanzar el máximo porcentaje de germinación aumentó con la salinidad.

Para el parámetro indicativo de vigor, primer conteo (PC), la comparación de medias (Cuadro 16), nos presenta un grupo estadísticamente iguales, formado por Brizantha, Buffel y Rhodes, ya que expresan los mayores valores en PC con 8.67, 13.08 y 11.50 %, respectivamente, mientras que Tanzania y Mulato reportaron los porcentajes más bajos con 0.33 y 3.67 %, estadísticamente iguales (figura 9).

**Cuadro 16.** Comparación de medias de las variables evaluadas en las pruebas de vigor en condiciones de invernadero por especie.

PRUEBAS DE VIGOR					
ESPECIES	IVE (%)	PC (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PSP (mg)
Tanzania	3.23 A	0.33 B	2.98 C	2.84 B	201.83 BA
Brizantha	2.37 B	8.67 A	6.01 B	4.25 A	273.96 A
Mulato	1.62 C	3.67 B	5.29 B	3.46 BA	233.58 BA
Rhodes	1.54 C	11.50 A	8.47 A	4.21 A	153.42 B
Buffel	1.73 C	13.08 A	1.37 D	0.96 C	11.92 C

IVE= Índice Velocidad de emergencia; PC = Primer Conteo; LMP = Longitud Media de Plúmula; LMR = Longitud Media de Radícula; PSP = Peso Seco Plántula. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P < 0.01$ ).

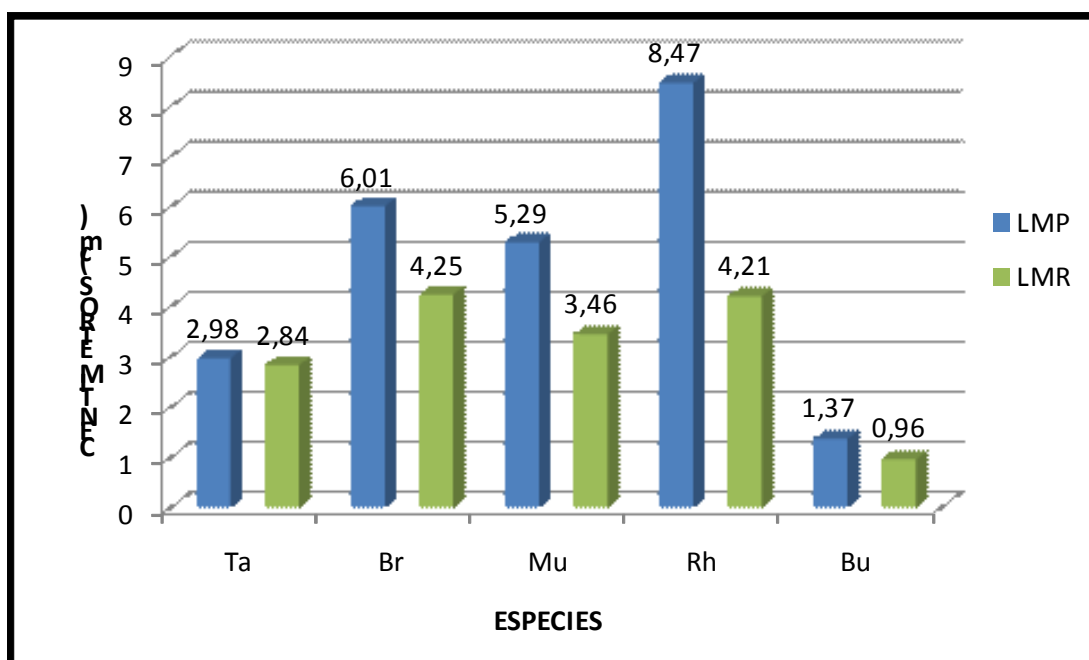


**Figura 9.** Tendencia de las gramíneas forrajeras con respecto a las pruebas de vigor (IVE y PC) sometida a salinidad en condiciones de invernadero.

Mientras que para la variable longitud media de plúmula (LMP) la comparación de medias (Cuadro 16) demostró que Rhodes presentó la mayor longitud con 8.47 cm, seguido del grupo estadístico integrado por las especies Brizantha y Mulato con 6.01 y 5.29 cm, siendo estadísticamente iguales, lo que corresponde al genotipo más afectado en el desarrollo de la plántula por el efecto salino fue el zacate Buffel con 1.37 cm de longitud, lo que nos indica que es más susceptible a las concentraciones de sales teniendo por consecuencia una tendencia menor para prolongar su crecimiento. Figura 10 muestra el efecto de la salinidad de las gramíneas en estudio.

Respecto al parámetro longitud media de radícula (LMR) (cuadro 16) en la comparación de medias se observa que Brizantha, Rhodes y Mulato, alcanzaron los mayores promedios en cuanto a longitud de raíz se refiere, con 4.25, 4.21 y 3.46 cm,

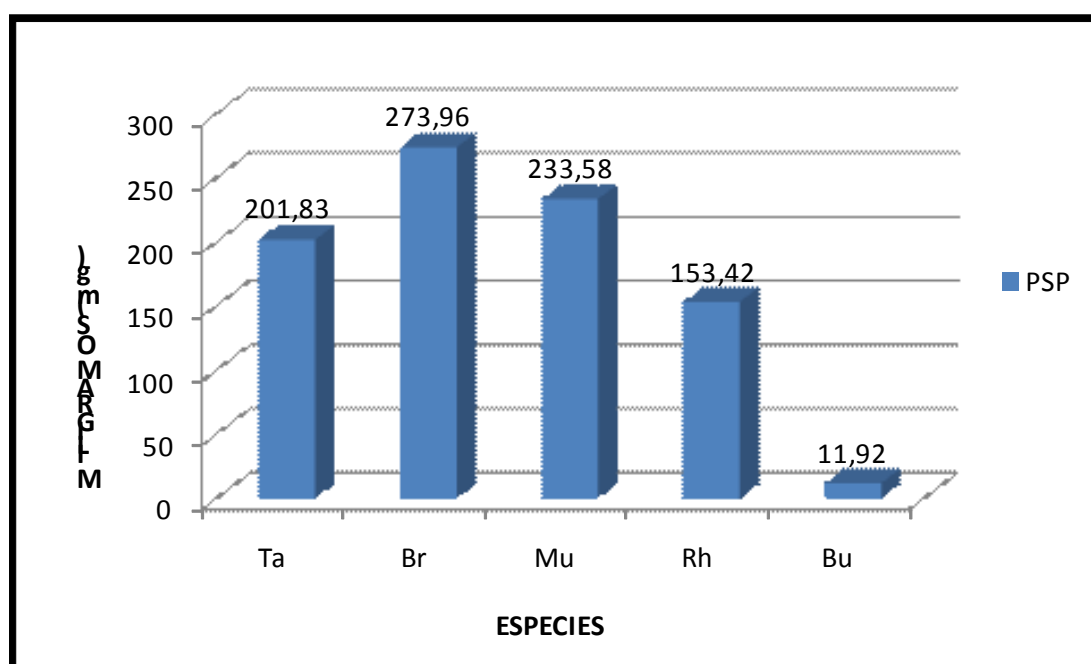
respectivamente, siendo estadísticamente iguales, por su parte el pasto Buffel obtuvo menor longitud de radícula con 0.96 cm, siendo la especie más susceptible a la conductividad eléctrica, como se puede apreciar en la figura 10. Los resultados con obtenidos son similares a Jeannette *et al.* (2002) evaluando la tolerancia a la salinidad durante la germinación y desarrollo de plántulas de 24 materiales de frijol de cuatro especies silvestres y cuatro de frijol común con concentraciones de 0, 60, 120 y 180 mM de NaCl. Los resultados mostraron que la biomasa de la radícula y parte aérea decrecieron con el incremento en la salinidad.



**Figura 10.** Tendencia de las especies con respecto a las pruebas de vigor (LMP y LMR) sometida a salinidad en condiciones de invernadero.

En cuanto a la variable Peso Seco de Plántula (PSP) al analizar los resultados de la comparación de medias (Cuadro 16) las especies que registraron el mayor peso de materia seca fue Tanzania con 201.83 mg, Brizantha con 273.96 mg y Mulato con 233.58 mg, siendo estadísticamente iguales, lo que corresponde a la especie Buffel obtuvo el menor peso seco de plántula con 11.92 mg, indicando que las concentraciones de sal afecta de forma considerable la producción de materia seca de

la plántula (Figura 11). Existe relación con Jaradat *et al.* (2004) Al realizar un experimento con 2308 genotipos de cebada, sometieron a la semilla a 0 y 20 ds/m con NaCl durante 10 días, encontraron que el porcentaje de germinación final a 20 ds/m tuvo una correlación negativamente significativa y en promedio de peso seco de plántula y el número de raíces por plántula se redujo drásticamente en respuesta al estrés salino.



**Figura 11.** Comportamiento de las especies de gramíneas forrajeras, para la variable peso seco de plántula, sometidos a concentraciones salinas en condiciones de invernadero.

### Pruebas de vigor por tratamiento

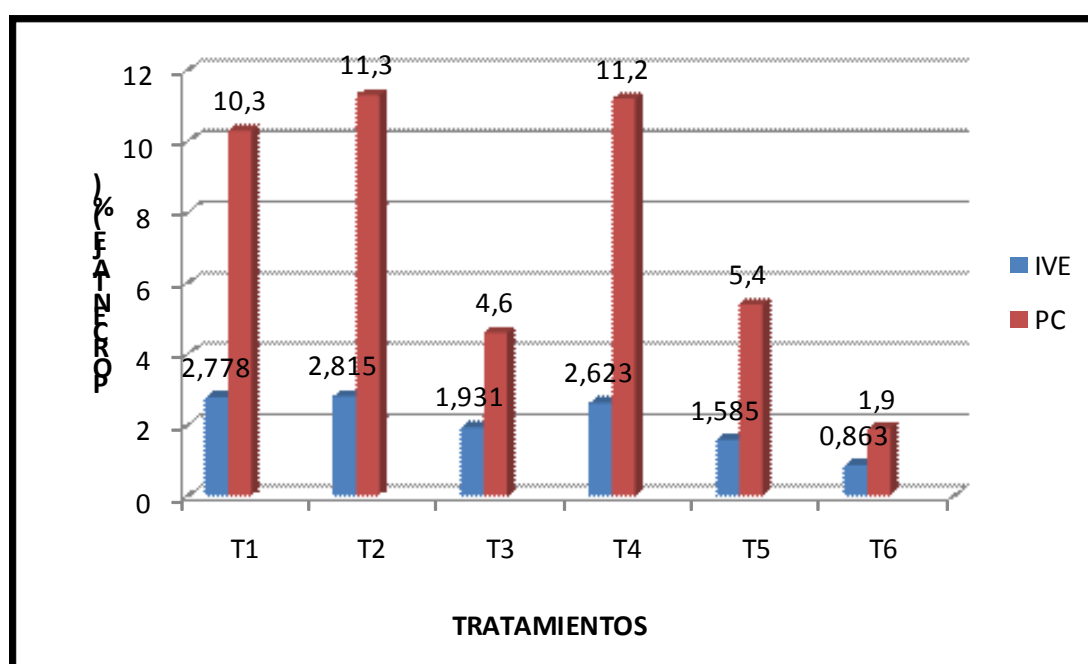
En la variable índice velocidad de emergencia (IVE) al realizar la comparación de medias (Cuadro 17) se observó que el testigo (T1), T2 y (T4) fueron los tratamientos que presentaron una mejor respuesta con un índice con 2.778, 2.815 y 2.623 %, estadísticamente iguales, por lo que corresponde a el grupo estadístico presento el índice más bajos de geminación con 25 dS/m de salinidad con 0.863 % (Figura 12).

Para la variable primer conteo (PC) la comparación de medias (Cuadro 17) se observó que el testigo (T1), (T2) concentración de 5 dS/m y (T4) concentración de 15 dS/m fueron los tratamientos que presentaron el mayor valor en PC con 10.30, 11.30 y 11.20 %, seguido T3, T5 y T6, con una conductividad eléctrica de 10 dS/m, 20 dS/m y 25 dS/m presentando valores de 4.60, 5.40 y 1.90 % respectivamente, estadísticamente iguales (figura 12).

**Cuadro 17.** Comparación de medias de las variables evaluadas en las pruebas de vigor en condiciones de invernadero por tratamiento.

PRUEBAS DE VIGOR					
TRATAMIENTOS	IVE (%)	PC (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PSP (mg)
T1	2.778 A	10.30 BA	7.48 A	4.67 BA	397.95 A
T2	2.815 A	11.30 A	7.27 A	4.76 A	305.20 A
T3	1.931 B	4.60 C	4.75 CB	3.12 C	135.90 B
T4	2.623 A	11.20 A	4.99 B	3.74 BC	126.65 CB
T5	1.585 B	5.40 BC	3.59 C	2.06 D	53.95 CB
T6	0.863 C	1.90 C	0.86 D	0.52 E	30.00 C

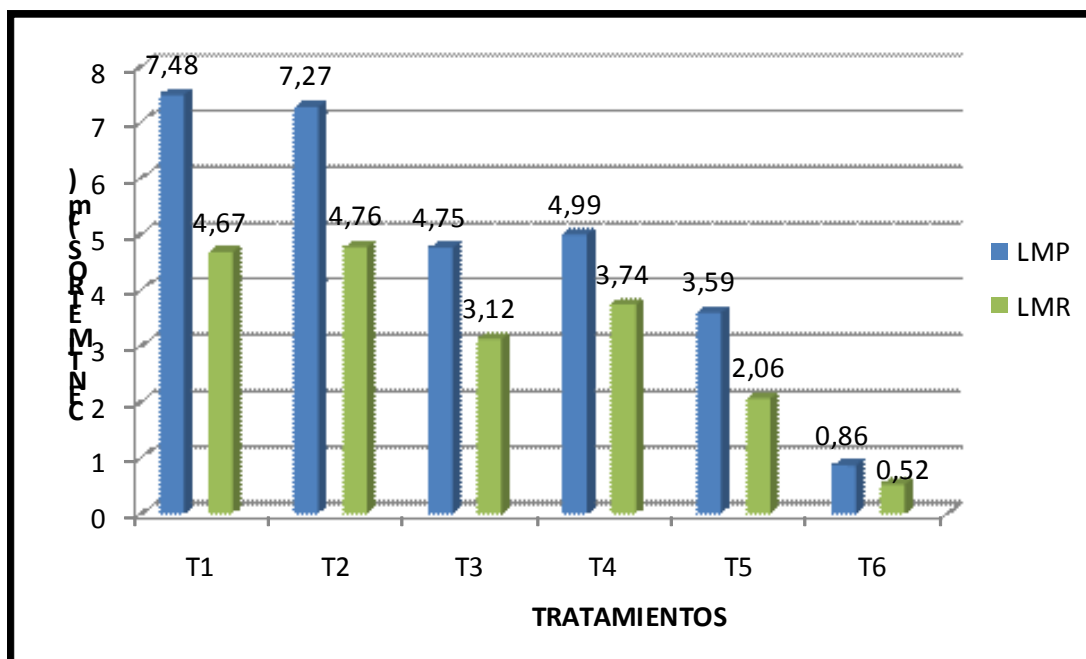
IVE= Índice Velocidad de Emergencia; PC = Primer Conteo; LMP = Longitud Media de Plúmula; LMR = Longitud Media de Radícula; PSP = Peso Seco Plántula. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P < 0.01$ ).



**Figura 12.** Respuesta a la germinación en semilla de gramíneas forrajeras bajo distintas concentraciones de salinidad, respecto a las pruebas de vigor (IVE y PC), en condiciones de invernadero.

(Cuadro 17) arroja que el testigo T1 y el T2 con su respectiva concentración de 5 dS/m presentaron las mayores longitudes de plúmula (LMP) con 7.48 y 7.27 cm respectivamente, siendo estadísticamente iguales, lo que nos indicó que a estas concentraciones de sales hay una tendencia a la estimulación para prolongar su crecimiento, estadísticamente el T5 con 3.59 cm es igual a T3 y T4, con 4.75 y 4.99 cm, mientras que el tratamiento que más afectó el crecimiento de la plántula fue el de conductividad eléctrica 25 dS/m (T6) ya que presentó una longitud de 0.86 cm. En la Figura 13 se muestra el efecto de la salinidad sobre la parte aérea de la plántula.

Respecto a longitud media de radícula (LMR) en la comparación de medias (Cuadro 17) se observa que el testigo (T1), 5 dS/m (T2) y alcanzaron la mayor longitud de raíz con los valores 4.67 y 4.76 cm, siendo estadísticamente iguales, Mientras que el tratamiento de mayor conductividad eléctrica 25 dS/m (T6) alcanzó una longitud de 0.52 cm, obteniendo la menor longitud de radícula como se aprecia en la Figura 13. Dichos resultados son similares a los obtenidos por Almasoum (2000), mencionando que el efecto de las sales en las raíces de las plantas siempre resulta en un menor crecimiento de estos órganos, hecho que puede afectar el crecimiento general de la planta al reducirse el volumen de suelo que pueden explorar sus raíces.

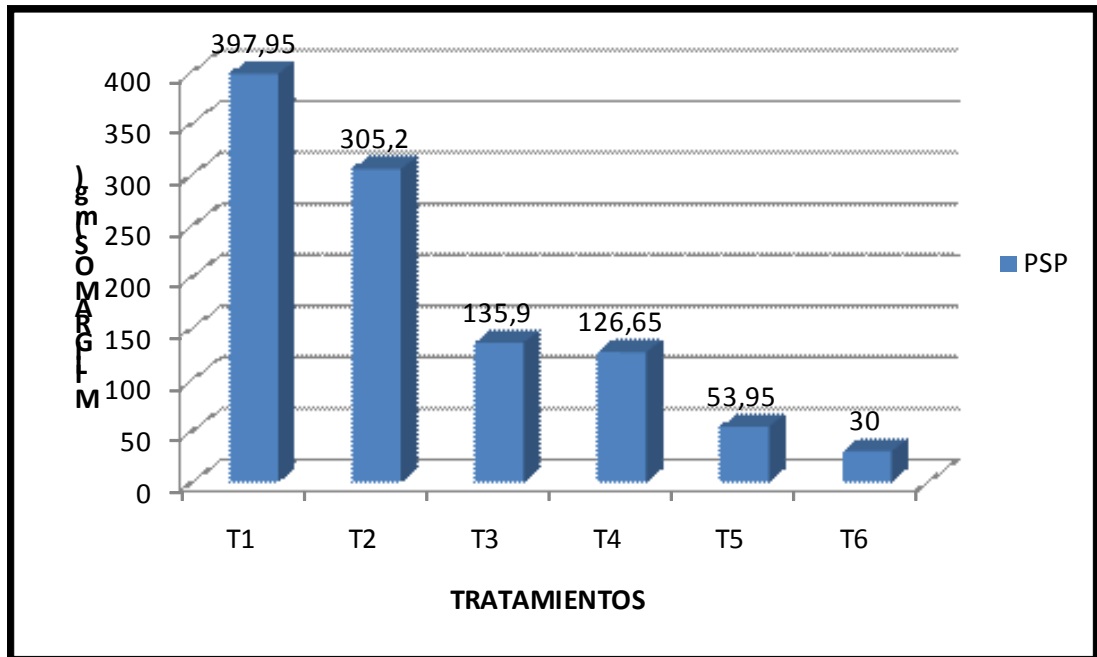


**Figura 13.** Respuesta a la germinación en semilla de gramíneas forrajeras bajo distintas concentraciones de salinidad, respecto a las pruebas de vigor (LMP y LMR), en condiciones de invernadero.

En cuanto a la variable Peso Seco de Plántula (PSP) al analizar los resultados de la comparación de medias (Cuadro 17) los tratamientos que registraron el mayor peso de materia seca fueron el testigo (T1) y T2 (5 dS/m) con 397.95 y 305.20 mg, siendo estadísticamente iguales, mientras que el grupo estadístico T3, T4 y T5, a una concentración de salinidad de 10, 15 y 20 dS/m la producción de materia seca comenzó a decrecer ya que se obtuvieron un peso de 135.90, 126.65 y 53.95 mg, respectivamente, siendo estadísticamente iguales, presentando solo diferencia numérica. El tratamiento de 25 dS/m (T6) fue el que obtuvo el menor peso seco de plántula con 30 mg, indicando que las altas concentraciones de sal afecta de forma considerable la producción de materia seca de la plántula como de aprecia en la Figura 14. Existiendo relación con Jaradat *et al.* (2004) al realizar un experimento con 2308 genotipos de cebada, sometieron a la semilla a 0 y 20 ds/m con NaCl durante 10 días, encontraron que el porcentaje de germinación final a 20 ds/m tuvo



una correlación negativamente significativa y en promedio de peso seco de plántula y el numero de raíces por plántula se redujo drásticamente en respuesta al estrés salino.



**Figura 14.** Comportamiento de las especies, para la variable peso seco de plántula, bajo distintos niveles de salinidad en condiciones de invernadero.

## CONCLUSIONES

Para las condiciones de laboratorio e invernadero se concluye que a medida que incrementaron las concentraciones de sal, afectaron directamente la germinación y el vigor de las semillas de las especies en estudio, tal efecto incrementa el número de semillas sin germinar y las plántulas anormales.

En laboratorio la salinidad afectó el porcentaje y la velocidad de germinación, sin embargo la semilla de la especie *Brizantha* sobresale de las demás en capacidad de germinación (Plántulas normales), lo que corresponde a pruebas de vigor, presenta un buen desarrollo plúmula y radícula, asegurando un establecimiento en concentración salina de 10 dS/m.

En invernadero la respuesta fisiológica de la semilla de *Brizantha* y *Tanzania* fue mayor, reflejándose en la capacidad de germinación y en las pruebas de vigor, comenzando a disminuir significativamente a concentraciones de 15 dS/m, así como un buen porcentaje de germinación, desarrollo de plántulas, velocidad de emergencia y excelente producción de materia seca.

Al combinar los resultados de laboratorio e invernadero, se observó que las especies más tolerantes a el efecto de sales en el proceso de germinación y vigor son: *Tanzania* y *Brizantha*, ya que en el establecimiento de una pradera con altos niveles de salinidad pueden tener éxito.

## RESUMEN

La investigación, se realizó en laboratorio e invernadero, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a 25° 23' Latitud Norte y 103° 01' Longitud Oeste, a una altitud de 1743 msnm. Se utilizó semilla de cinco especies de gramíneas forrajeras: Zacate Buffel, Rhodes, Pasto Toledo, Brizantha, Mulato II y Tanzania. Los tratamientos evaluados en ambas condiciones, fueron seis concentraciones de salinidad utilizando cloruro de potasio (KCl) ajustados a las siguientes conductividades eléctricas expresadas en decisiemens/metro (dS/m): T1=Testigo (agua destilada), T2=5 dS/m, T3=10 dS/m, T4=15 dS/m, T5=20 dS/m y T6=25 dS/m. Las variables evaluadas fueron: capacidad de germinación (CG) con las pruebas de vigor, índice velocidad de germinación (IVG), índice velocidad de emergencia (IVE), longitud media de plúmula (LMP), longitud media de radícula (LMR) y peso seco de plántulas (PSP). La información se analizó mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial con cuatro repeticiones, se utilizó el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1989). Los resultados indican que existen diferencias altamente significativas entre especies, en las variables estudiadas, en los dos ambientes. Lo que corresponde a las variables estudiadas por especie, se encontró que también existen diferencias altamente significativas, debido a que al incrementarse las concentraciones salinas afectaron directamente la germinación y el vigor de las semillas, obteniendo así un mayor número de semillas sin germinar y plántulas anormales, así mismo al combinar los resultados de laboratorio e invernadero, se concluye que las especies más tolerantes a el efecto de sales en el proceso de germinación y vigor son: Tanzania y Brizantha, ya que al establecerlos en suelos con altos niveles de salinidad pueden tener éxito.

## LITERATURA CITADA

- Aceves W. E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1992. Seedling evaluation handbook. Contribution No.35. USA. 32 – 38 p.
- Almasoum, A. A. 2000. Effect of planting depth on growth and productivity of tomatoes using drip irrigation with semi saline water. *Acta Hort.* (537): 773-778.
- Allison L.E., J.E. Brown; H.E. Hayward; L.A. Richards; L. Bernstein; M. Fireman; G. A. Pearson; L. V. Wilcox; C. A. Bower; J.T. Hatcher y R.C. Reeve. 1994. Diagnóstico y Rehabilitación de suelos salinos y sódicos Laboratorio de Salinidad de los E.U.A. Departamento de Agricultura de E.U.A. Ed. Limusa, México, D.F.
- Andrade A. E. 1992. Efecto de salinidad del suelo y escarificación de semilla sobre la emergencia y producción de fitomasa de tres especies atriples. Tesis licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. pp. 4-11.
- Argetel L.; González, L. M. y Plana, R. 2006. Efecto de altas concentraciones salinas sobre la germinación y el crecimiento del Trigo (*Triticum aestivum*) variedad CUBA-C-204. *Rev. Cultivos Tropicales.* 27 (3):45-48.
- Baca A. F. 1993. Comportamiento de trigo (*triticum aestivum*) en respuesta a un suelo salino establecido en el simulador de drenaje. Tesis licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. pp. 2-5.
- Báez A. 2002. Efecto de la calidad del agua de riego sobre las propiedades del suelo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Facultad de ciencias agrarias. Universidad Nacional del Mar de Plata. Buenos Aires, Argentina.

- Basnayake, J.; M. Cooper,; M. Ludlow, y R. Henkell. 1994. Combining ability variation for osmotic adjustment among a selected range of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench). *Field Crops Research* (38):147-155.
- Bazzigalupi, O.; Pistorale, M. S. y Andrés, N. A. 2008. Tolerancia a la salinidad durante la germinación de semillas provenientes de poblaciones naturalizadas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) *Cien. Inv. Agr.* 35(3): 277-285.
- Bennett, M. 2002. Saturated salt accelerated aging (SSAA) and other vigor tests for vegetable seeds. In: *Proceedings International Seed Seminar: Trade, Production and Technology*. Edts. M. McDonald and S. Contreras. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. p. 188-193.
- Bernstein L. 1985. Effects of salinity and sodicity on plant growth *Annu. Rev. Plant, physiology* 13: pp. 295-312.
- Carvajal, M.; A. Cerda; V. Martínez. 2000. Modification of the response of saline stress tomato plants by the correction of cations disorders. *Plant-growth-Regul.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 30(1): 37- 47.
- Casasola, F. R. 1998. Efecto de la humedad del suelo sobre la anatomía y morfología de cuatro introducciones de *Brichiaria* spp. Tesis Ing. Agr., U. de Costa Rica sede del Atlántico, Costa Rica. 63 p.
- Cavalcante, A. y S. Perez. 1995. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Witt. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 30(2):281-289.
- Cisneros B. E. 1993. producción de biomasa de genotipos de trigo (*triticum aestivum* L.) Em Tell a diferentes niveles de salinidad. Tesis profesional. UABCS. La paz, BCS, México. P 75.

- Cuartero J.; R. Fernández-Muñoz. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulture*.(78): 83-125.
- Da Silva, R.; N. Fernandes L.; D. Munt de Moraes,; A. De Almeida Pereira y G. Loureiro Duarte. 2007. Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress. *Revista Brasileira de Sementes* 29(1):40-44.
- De Luca, M., L. García Seffino, K. Grunberg, M. Salgado, A. Córdoba, C. Luna, L. Ortega, A. Rodríguez, A. Castagnaro, and E. Taleisnik. 2001. *Australian Journal of Agricultural Research* 52, 903-910.
- Del Rosario, D. A.; A. C. Sumague; V.P. Roxas y T.S. Bautista, 1990. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to salt stress. *The Philippine agriculturist*. 73 (2): 193-198. Chile.
- Dorronsoro, C. F. 2008. Contaminación por sales solubles. En línea: <http://www.edafologia.ugr.es/Conta/Tema12/1Concep.html>. Consulta: Noviembre de 2008.
- EL-Habbasha-KM; Shaheen-AM; Rizk-FA. 1996. Germination of some tomato cultivars as affected by salinity stress condition. *Egyptian-Journal-of-Horticulture*. 23 (2): 179-190.
- Everitt, J., M. Alaniz and J. Lee., 1983. Seed germination characteristics of *Kochia scoparia*. (L.) Schrad J. *Range Management* 36 (5):646.
- FAO. 2000. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. Rome, Italy: FAO Land and Plant Nutrition Management. *IDESIA (Chile)*. 25 (3): 47-58.
- Fanti, S. y Pérez, S. 2004. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39(9): 903-909.

- Figuroa V.U.; M.A. Flores O. y R.M. Palomo 2005. Metodología para evaluar la tolerancia a salinidad de cultivos en etapas tempranas de desarrollo. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*. 5: 133-140.
- Foolad, M.R. and G.Y. Lin. 1997. Genetic potential for salt tolerance during germination in *Lycopersicon* species. *HortScience*. 32 (2): 296-300.
- Flowers, T.J. and A.R. Yeo. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: Where next? *Aust. J. Plant Physiol.* 22:875-884.
- González, L. y Ramírez R. 1996. Respuesta de *Terannus labilis* diferentes niveles de salinidad durante la germinación y crecimiento. *Cultivos Tropicales* 17(3):1719.
- Guerra H. M. 1993. Tolerancia a la salinidad en le mejoramiento y la producción agrícola. Seminarios de postgrado. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. Pp. 64-67.
- Grijalva S. M. y O.R. Ríos 1995. algunos efectos de cloruro de sodio en la germinación y emergencia del cultivo de *phaseolus vulgaris* l. tópicos de investigación y postgrado IV (2): UNAM. México. Pp. 91-96.
- Grupta R. K. y I. P. Abrol. 1990. Salt-affected soils: their reclamation and management for crop production. *Advances in soil sci* 11: 223-288.
- Hasegawa, P.M.; R.A. Bressan; Zhu J.K. and H.J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity *Annual Review of plant physiology and plant Molecular Biology*, 51: 463-499.
- Hartung, W.; Sauter, A. and E. Hose. 2002. Abscisic acid in the xylem: where does it comes from. Where does it goes to? *Journal of Experimental Botany*, 53: 27-32.

- Isla, C. R. 1996. Efecto de la salinidad sobre la cebada (*Hordeum vulgare* L.) análisis de caracteres morfo-fisiológicos y su relación con la tolerancia a la salinidad. Tesis de doctoral. Unidad de Suelos y Riegos. Universidad de Lleida.
- Isla, C.R. 2008. Efecto de la salinidad sobre la cebada (*Hordeum vulgare* L.). Análisis de caracteres morfo-fisiológicos y su relación con la tolerancia a la salinidad. Tesis. Universidad de Lleida pp 42 -44. Salamanca. España. Consulta 2008.
- International Seed Testing Association (ISTA), 2004. International Rules for Seed Testing. P.O. BOX 308, 8303 Basserdorf, CH – Switzerland. ISBN 3 –906549 – 38 – 0. Chapter 3, 4, 5 y 9.
- Jaradat, A. A., M. Shahid, and A. Al-Maskri. 2004. Genetic diversity in the 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.
- Maquire, J. D. 1962. Speed of germination: Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*. Vol 2. 176-177. USA.
- Meza, N.; A. Pereira y D. Bautista. 2004. Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de níspero (*Manilkara achras* Miller Fosberg) *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. Vol. 21 Supl. 1: 60-66.
- Meza, N.; M. Arizaleta y D. Bautista 2007. Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de parchita (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. Vol. 24: 69-80.



- Meloni, D. A.; M. R. Gulotta and C. A. Martínez. 2004. "The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*". *Braz. J. Plant Physiol.*, 16: 39-46.
- Moterle, L.; P. de Carvalho L.; A. de Lucca e Braccini, y C. Scapim. 2006. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. *Revista Brasileira de Sementes* 28(3):169-176
- Musito R. N.; Vega S. M. C. y Rodríguez V. J. G. 2004. Genotipos de maíz tolerantes a salinidad; un estudio preliminar para iniciar un programa de selección. *Revista Agraria - Nueva Época* - (1):18-23.
- Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167(3), 645-660. Chile.
- Ortega, L., and E. Taleisnik. 2003. *Journal of Plant Physiology* 160, 517-522.
- Osorio, J. E. 1995. Determinación de la tolerancia de la (*Kochia scoparia l.*) a tres tipos de sales y cinco presiones osmóticas en su etapa de germinación. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 85 p.
- Parsons L. R. 1992. Salinity tolerance of citrus roots tocks. Effect of salt on root and leaf mineral concentration. *Plant soil* 147: 171-181.
- Pérez-Alfocea-F; ME-Balibrea; A. Santa-Cruz and MT-Estan 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. *Plant-and-Soil*. 180 (2): 251-257. Chile.
- Pill, W. G. 1981. Fluid sowing of tomato seed influence of phosphorus additions to five gel. Vol. 6:1.38 – 49. USA.

- Porta C.; R. López-Acevedo y Roquero De L. 1999. Edafología. Mundi-Prensa, Madrid, p454; 657-705.
- Ramos, J. C.; G. M. Perreta; C. J. Tivano, y C. A. Vegetti. 2004. Variaciones anatómicas en la raíz de *Pappophorum philippianum* inducidas por salinidad. Rev. Internacional de botánica experimental. 103-109.
- Rodrigues, L.; Fernandes, P.; Gheyi, H. y Viana, S. 2002. Germinação e formação de mudas de arroz irrigado sob estresse salino. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 6(3):397-403.
- Rodríguez H.F. y A.J. Rodríguez. 2002. Método de análisis de suelos y plantas. Criterios de interpretación. 1ra. Edición. Editorial trillas. México.
- Romero-Aranda, R.; Soria, T.; Cuartero, J. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. Plant Science. (160): 265-272. Chile.
- Rojas G. M. y H. R. Ramírez. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Editorial limusa. México. pp. 49-52.
- Ruiz E. F. 1993. respuesta de genotipos de frijol “chicharo de vaca” (*Vigna unguiculata*, L. walp) con diferentes diluciones de agua de mar. Tesis licenciatura. UABCS, México. p. 70.
- SAS Institute Inc., SAS/STAT User` s Guide. Version 6, fourth Edition. Volumes 1 and 2, Cary, North Carolina, E.U.: SAS Institute Inc., 1989, 846-943.
- Singh, K. N. and R. Chatrath. 2001. Breeding for adaptation to environmental factors. Chapter 8. Salinity Tolerance. Chile. 170.
- Steel, G. D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill, New York. USA.

- Steel, D. G. R. y Torrie, H. J. 1986. Bioestadística. Principios y Procedimientos. Primera Edición. McGraw-Hill. México, D.F. pp 603 pp.
- Steppuhn, H. and K. Wall. 1993. *Kochia scoparia* L. emergence from saline soil under various water regimes. Journal of Range Management. 46 (6): 533 – 538. Canadá.
- Szabolcs, I. 1994. Prospects of soil salinity for the 21 st century. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil. Sci Soc (1):123-141.
- Tavera L. M. 1995. respuesta de tres especies del genero lycopersicon a tres tipos de sales y tres niveles de salinidad durante la etapa de germinación. Tesis licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Tanwar, B. S. 2003. Saline water management for irrigation. International Commission on irrigation and drainage. New Delhi, India. 140 p.
- Tobe, K.; Li, X. y Omasa, K. 2000. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae). Annals of Botany 85:391-396
- Torres, W. and Echeverría, I. 1994. Germination and seedlings growth of rice (*Oriza sativa* L) at different NaCl concentrations. Cultivos Tropicales 15 (2):44–47.
- Ye, Y., Tan, N., Lu, Ch. and Wog, Y. 2005. Effects of salinity on germination, seedling growth and physiology of three salt-secreting mangrove species. Aquatic Botany 83(3): 193-205.
- Zhu, J. K. 2001. Plant salt tolerance. Trends Plant Science Vol. 6: 66–71.