

**CONCENTRACIONES DE CLORURO DE POTASIO (KCl) Y  
SU EFECTO EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA  
DE *Kochia scoparia* L.**

**JOSÉ PAVEL SISOV GARCÍA GARCÍA**

**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.**

**Junio del 2009.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**CONCENTRACIONES DE CLORURO DE POTASIO (KCl) Y SU EFECTO EN LA  
CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE *Kochia scoparia* L.**

**TESIS**

**POR:**

**JÓSE PAVEL SISOV GARCÍA GARCÍA**

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y  
aprobada como requisito parcial para obtener al grado de:

**MAESTRO EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS**

**COMITÉ PARTICULAR**

Asesor principal:

\_\_\_\_\_

M.C. Antonio Valdez Oyervides

Asesor:

\_\_\_\_\_

M.C. Federico Facio Parra

Asesor:

\_\_\_\_\_

M.C. Leopoldo Arce González

\_\_\_\_\_

Dr. Jerónimo Landeros Flores

Director de Postgrado

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. Junio 2009.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi “Alma Terra Mater”, la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”**, por brindarme la oportunidad de ser parte de ella y formarme profesionalmente, permitiéndome alcanzar una meta más en mi vida, llevare siempre tu nombre en alto.

Al **M.C. Antonio Valdéz Oyervides** por darme la oportunidad de realizar esta investigación, que a través de sus conocimientos brindados enriquecieron y sacaron adelante este trabajo.

Al **M.C. Federico Facio Parra**, por su asesoría y útiles sugerencias en la elaboración de este trabajo.

Al **M.C. Leopoldo Arce González**, por el apoyo brindado en la elaboración de este trabajo de investigación.

A todos los maestros y personal del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) por los conocimientos compartidos durante mi estancia en la maestría, que contribuyeron en mi formación profesional.

Al **M.C. Enrique Esquivel Gutiérrez** por brindarme su amistad y confianza, además de todo el apoyo y consejos brindados a lo largo de mi estancia en la UAAAN. Gracias.

A mis compañeros de generación: **Bey, Antonio, Julio, Rosy, Silvia, Antonio y Layner** a todos ellos por la amistad que siempre ha existido entre nosotros y por estar siempre unidos en las buenas y en la malas.

A mis primos **Toño** y **Alex** (peluche) por todos los momentos buenos y malos que hemos compartidos durante nuestra estancia en esta ciudad. Gracias.

A **Isabel** por su apoyo y cariño que me ha demostrado. Gracias.

A mis amigos que tuve la fortuna de conocer durante mi estancia en la UAAAN y a los que he conocido en el trayecto de mi vida, a todos y cada uno de ellos muchas gracias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por el apoyo otorgado durante mis estudios de maestría.

## DEDICATORIA

A **Dios** por acompañarme en todo momento, dándome la dicha de terminar otra meta más en mi vida, por cuidar de mí y de mi familia.

A mis padres: **Ciro García Rincón** y **María Teresa García Santillán** por estar siempre conmigo brindándome todo su amor y apoyo, les agradezco la confianza que han tenido en mí y la orientación que siempre me han otorgado para seguir adelante. Muchas Gracias. Los quiero mucho.

A mis hermanos **Sheyla** y **Ciro** por compartir los momentos alegres y difíciles de la vida, así como su apoyo incondicional y cariño que me han brindado a lo largo de mi vida.

A mis abuelos **Arturo García** y **Antonia Santillán** por toda la confianza y apoyo que me han brindado, además de sus consejos llenos de sabiduría que han sido de mucha importancia para salir adelante.

A todos mis **tíos, tías, primos** y **sobrinos** gracias por todos sus consejos que me han dado, además del cariño y apoyo que siempre me han demostrado.

## COMPENDIO

### CONCENTRACIONES DE CLORURO DE POTASIO (KCl) Y SU EFECTO EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE *Kochia scoparia* L.

POR:

JÓSE PAVEL SISOV GARCÍA GARCÍA

MAESTRO EN

TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA. JUNIO 2009.

M.C. Antonio Valdez Oyervides – Asesor –

**Palabras clave:** *Kochia scoparia* L., semilla, salinidad, conductividad eléctrica, germinación, vigor.

La salinidad del suelo es uno de los factores más negativos para la producción de los cultivos forrajeros, ya que afecta millones de hectáreas a nivel mundial.

Una alternativa de bajo costo es la selección de especies tolerantes a la salinidad. Se estudió el efecto de diferentes concentraciones de salinidad sobre la germinación y vigor de semilla de *Kochia scoparia* L., bajo condiciones de laboratorio e invernadero. Los tratamientos evaluados para ambas condiciones fueron seis concentraciones de cloruro de potasio (KCl) ajustados a las siguientes conductividades eléctricas: T1= Testigo (agua destilada), T2= 5 ds/m, T3= 10 ds/m, T4= 15 ds/m, T5 = 20 ds/m, T6=25 ds/m, T7= 30 ds/m. Las variables que se evaluaron para laboratorio fueron: Capacidad de germinación (plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG)) y vigor (índice velocidad de germinación (IVG), primer conteo (PC), longitud media de hipocotilo (LMH) y longitud media de radícula (LMR)). Para invernadero: Capacidad de germinación (PN, PA y SSG) y vigor (índice velocidad de emergencia (IVE), primer conteo (PC), segundo conteo (SC) longitud media de hipocotilo (LMH), longitud media de radícula (LMR) y peso seco de plántula (PSP)). En esta etapa se adicionó una solución nutritiva (FAO, 2003). La información se analizó con un diseño completamente al azar y se utilizó el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1989). Además de la prueba de DMS para comparación de medias. Los resultados obtenidos en laboratorio, en la germinación a medida que incrementó la concentración de sales aumentó el porcentaje de SSG y de PA. En IVG y PC las altas concentraciones de sal retardaron la velocidad de la germinación reflejándose en un menor número de PN. Para LMH se dio un efecto positivo hasta concentraciones de 10 ds/m, mientras que para LMR el efecto fue negativo con la presencia de la sal. En el caso de invernadero la germinación tiene un efecto positivo a concentraciones

de 5 ds/m, y esta al igual que la emergencia comienza a disminuir significativamente a concentraciones mayores. En PC y SC el incremento de salinidad disminuyó la presencia de PN. Para LMH el efecto fue negativo a concentraciones mayores de 5 ds/m y la LMR disminuyo significativamente a conductividades superiores de 15 ds/m, lo cual se reflejó en una menor producción de materia seca (PSP).



**ABSTRACT**

**POTASSIUM CHLORIDE (KCl) CONCENTRATIONS AND THEIR EFFECT IN  
THE SEED PHYSIOLOGICAL QUALITY OF *Kochia scoparia* L.**

BY:

JOSÉ PAVEL SISOV GARCÍA GARCÍA

MASTER

GRAIN AND SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA. JUNIO 2009.

M.C. Antonio Valdez Oyervides – Adviser –

**Key words:** *Kochia scoparia* L., seed, salinity, electrical conductivity, germination, vigor.

Soil salinity is one of the most negative factors for forage crops production; it affects millions of hectares around the world. One low cost alternative is to select salt tolerant species. Was study the effect of different salt

concentrations on germination and vigor of *Kochia scoparia* L. under laboratory and greenhouse conditions. The evaluated treatments were six potassium chloride concentrations (KCl) adjusted to the following electrical conductivities: T1= Control (distilled water), T2= 5 ds/m, T3= 10 ds/m, T4= 15 ds/m, T5= 20 ds/m, T6 = 25 ds/m and T7= 30 ds/m. The evaluated variables were: germination capacity (normal plantlets (PN), abnormal plantlets (PA) and ungerminated seeds (SSG)) and vigor (germination velocity index (IVG), first count (PC), stem average length (LMH), radicle average length (LMR)). In the greenhouse: germination capacity (PN, PA y SSG) and vigor (emergency velocity index (IVE), first count (PC), second count (SC), stem average length (LMH), radicle average length (LMR) and plantlet dry weight (PSP). At this stage a nutritive solutions was added (FAO, 2003). The information was analyzed with a randomized complete design and the SAS program version 6.0 (1989) for data analysis. For means comparison the DMS test was used. The results from the laboratory showed that increasing the salt concentration increased the percentage of SSG and PA: In IVG and PC, high salt concentrations slowed the germination, showing a lesser PN percentage. For LMH there was a positive effect up to 10 ds/m concentration, while for LMR the effect was negative. In the greenhouse, 5 ds/m had a positive effect in germination, and it decrease above 15 ds/m concentrations. In PC and SC, the salt increase reduced the PN percentage. For LMH the effect was negative at concentrations above 5 ds/m and the LMR decreased significantly at conductivities above 15 ds/m, showing a lower dry matter production (PSP).

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Objetivos .....	3
Hipótesis .....	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
Calidad de semillas.....	4
Salinidad en suelos.....	5
Medición de la salinidad.....	7
Efecto de la salinidad en las plantas .....	10
Mejoramiento de los suelos salinos.....	13
Efecto de la salinidad en la germinación y desarrollo de semillas de especies forrajeras .....	14
La <i>Kochia scoparia</i> L. ....	19
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	22
Localización del trabajo .....	22
Material genético.....	22
Tratamientos .....	23
<b>ETAPA I: Laboratorio</b> .....	24
Variables evaluadas.....	24
Capacidad de germinación .....	24
Plántulas normales .....	24

Plántulas anormales-----	25
Semillas sin germinar-----	25
Vigor-----	25
Índice de velocidad de germinación-----	25
Primer conteo-----	26
Longitud media de Hipócotilo-----	26
Longitud media de raíz-----	27
<b>ETAPA II: Invernadero-----</b>	<b>27</b>
Variables evaluadas-----	28
Capacidad de germinación-----	28
Plántulas normales-----	28
Plántulas anormales-----	29
Semillas sin germinar-----	29
Vigor-----	29
Índice de velocidad de emergencia-----	29
Primer conteo-----	30
Segundo conteo-----	30
Longitud media de Hipócotilo-----	30
Longitud media de Radícula-----	30
Peso seco de plántula-----	31
Modelo estadístico-----	31
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----</b>	<b>33</b>
<b>ETAPA I: Laboratorio-----</b>	<b>33</b>
Capacidad de germinación-----	35
Vigor-----	38
<b>ETAPA II. Invernadero-----</b>	<b>43</b>
Capacidad de germinación-----	44
Vigor-----	48
<b>CONCLUSIONES-----</b>	<b>55</b>
<b>RESUMEN-----</b>	<b>57</b>
<b>LITERATURA CITADA-----</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1.	Composición de la solución nutritiva utilizada en los tratamientos.....	28
4.1.	Cuadrados medios de las variables estudiadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de laboratorio.....	34
4.2.	Cuadrados medios de las variables estudiadas en las pruebas de vigor en condiciones de laboratorio.....	34
4.3.	Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de laboratorio.....	37
4.4.	Comparación de medias de las variables evaluadas en las pruebas de vigor en condiciones de laboratorio.....	39
4.5.	Cuadrados medios de las variables estudiadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de invernadero...	44
4.6.	Cuadrados medios de las variables estudiadas en las pruebas de vigor en condiciones de invernadero.....	44
4.7.	Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de invernadero.....	47
4.8.	Comparación de medias de las variables evaluadas en las pruebas de vigor en condiciones de invernadero.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
4.1. Respuesta a la germinación en semilla de <i>Kochia scoparia</i> L. bajo distintas concentraciones de salinidad en condiciones de laboratorio.....	37
4.2. Comportamiento de la variable índice velocidad de germinación en semilla de <i>Kochia scoparia</i> L. bajo distintas concentraciones de salinidad en condiciones de laboratorio.....	39
4.3. Comportamiento de la variable primer conteo en semilla de <i>Kochia scoparia</i> L. bajo distintas concentraciones de salinidad en condiciones de laboratorio.....	40
4.4. Comportamiento de la variable longitud media de hipocotilo y radícula en semilla de <i>Kochia scoparia</i> L. bajo distintas concentraciones de salinidad en condiciones de laboratorio.....	42
4.5. Respuesta a la germinación en semilla de <i>Kochia scoparia</i> L. bajo distintos niveles de salinidad en condiciones de invernadero.....	47
4.6. Comportamiento de la variable índice velocidad de emergencia en semilla de <i>Kochia scoparia</i> L. bajo distintos niveles de salinidad en condiciones de invernadero.....	50
4.7. Comportamiento de las variables primer y segundo conteo en semilla de <i>Kochia scoparia</i> L. bajo distintos niveles de salinidad en condiciones de invernadero.....	51
4.8. Comportamiento de las variables longitud media de hipocotilo y radícula en semilla de <i>Kochia scoparia</i> L. bajo distintos niveles de salinidad en condiciones de invernadero.....	53
4.9. Comportamiento de la variable peso seco de plántula en <i>Kochia scoparia</i> L. bajo distintos niveles de salinidad en condiciones de invernadero.....	54

## INTRODUCCIÓN

El alto costo de las semillas de cultivos forrajeros determina que los productores deseen obtener el máximo porcentaje de germinación, el cual se ve reducido severamente con el incremento de la salinidad en los suelos.

El proceso de germinación es el más importante en la producción de todas las especies y para que este tenga lugar es necesario que se den una serie de condiciones favorables como son: 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 en su ambiente 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 para que prosiga su crecimiento 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, son muy pequeñas o por que presentan algún tipo latencia.

Una prioridad fundamental, en el desarrollo de la producción de semillas forrajeras en zonas afectadas por la salinidad es la selección de especies capaces de adaptarse y establecerse en suelos con estas condiciones.

Existen una gran diversidad de especies que prosperan y aun producen bajo este estrés, tal es el caso de la *Kochia scoparia* L., que de acuerdo a observaciones y/o investigaciones, es capaz de reproducirse en suelos con altas concentraciones de salinidad.

Debido a la importancia de lo anteriormente mencionado y a fin de estudiar el efecto de las diferentes concentraciones de salinidad sobre la germinación y vigor de semilla de esta especie, se llevó a cabo el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:



## **Objetivo general**

Evaluar el efecto de seis concentraciones de sal (KCl) sobre la calidad fisiológica de semilla de *Kochia scoparia* L. en condiciones de laboratorio e invernadero.

## **Objetivos específicos**

- Determinar la respuesta fisiológica al estrés salino de esta especie con seis concentraciones de KCl.
- Evaluar el comportamiento de la semilla durante el proceso de germinación, así como el vigor en las seis concentraciones de salinidad.
- Al combinar los resultados en los dos ambientes evaluados, conocer la tolerancia de esta especie en el proceso de germinación para su establecimiento en suelos salinos.

## **Hipótesis**

La salinidad influye en la calidad fisiológica de la semilla *Kochia scoparia* L., reduciendo considerablemente el proceso de germinación y su vigor a concentraciones elevadas.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

En los últimos años en nuestro país, hay una exigencia en establecer nuevas praderas de cultivos forrajeros mejorados dando lugar a una necesidad innegable de contar con una eficiente producción de semillas; esta demanda no 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 (Ghassemi, 1995); además de que los métodos primitivos de producción reflejan muy bajos rendimientos y mala calidad en la semilla. Por ello es necesario adquirir nuevas alternativas para establecer especies forrajeras que se adapten a las zonas afectadas por salinidad.

### **Calidad en semillas**

La calidad de una semilla es la suma de los atributos genéticos, físicos, biológicos y sanitarios que llevan a producir plántulas exitosas cuando se brindan las condiciones necesarias (Pérez, 1996).

Por su parte Sánchez y Fegurson (1986) mencionan que calidad es el conjunto de atributos que caracterizan un lote de semillas, por lo tanto es un término compuesto y se refiere a múltiples características físicas y fisiológicas que determinan su valor.

Arango y Craviotto (2009) mencionan por calidad de semillas a una serie de cualidades que deben reunir en conjunto y no en forma aislada; en general las semillas que poseen alta calidad presentan un alto grado de pureza botánica, bajo contenido de humedad, alta sanidad, alta viabilidad, alto vigor, bajo nivel de daño mecánico, buen tamaño, buen peso, alto grado de uniformidad y buena apariencia. El nivel de calidad se establece mediante análisis especiales.

La International Seed Testing Association (ISTA, 1991) alude que el conocer los factores, bióticos y abióticos que determinan la calidad y el estatus sanitario de un lote de semillas es importante, pues con dichos datos se pueden esclarecer las causas de una pobre germinación o del fracaso en el establecimiento de una especie en el campo.

### **Salinidad en los suelos**

Tanji (1990) define a la salinidad como la concentración de sales minerales disueltas, presentes en el agua o en el suelo, referidas a una unidad de volumen o de peso. Todas las aguas de riego contienen sales disueltas,

cuyo tipo y cantidad depende de su origen y del curso que hayan seguido antes de su utilización. Los principales solutos son los cationes  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Mg}_2^+$  y  $\text{K}^+$ , y los aniones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$ . También pueden encontrarse otros componentes como B, Sr, Li,  $\text{SiO}_2$ , F, Mo, Mn, Ba y Al.

La mayoría de las regiones áridas y semiáridas del mundo tienen suelos salinos y fuentes de agua con alto contenido de sales, que impiden el crecimiento y desarrollo de cultivos tradicionales (Ungar, 1996).

Levitt (1980) alude que en regiones semi-áridas o regiones áridas con deficiente drenaje, los suelos, acumulan sales por la evaporación del agua de riego. El incremento de la salinidad del suelo o el empleo de aguas de riego con una alta concentración de sales, mayor a lo aconsejado, genera cambios en las condiciones del medio, que reducen o cambian desfavorablemente el crecimiento o desarrollo de las plantas.

Por su parte 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.

En México un 10 % del área irrigada está afectada por salinidad, y de ésta, aproximadamente el 64 % se localiza en la parte norte del país (Umali, 1993). 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 (Allison *et al.* 1994). Algunos investigadores han estudiado estos aspectos utilizando métodos físicos, eléctricos, hidrotécnicos y químicos.

En la práctica, regularmente los métodos de mayor uso son los químicos, como es la aplicación de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y yeso agrícola ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ); sin embargo, estos métodos aplicados en amplias extensiones resultan costosos, tanto por las cantidades de material que se utilizan, como por la aplicación de los mismos, ya que en algunos casos se requiere de equipo especializado (Gorham *et al.*, 1985).

### **Medición de la salinidad**

Existen diferentes parámetros para medir la salinidad: en estudios de campo, la salinidad del agua se suele expresar como conductividad eléctrica (C.E.), medida en  $ds\ m^{-1}$  (decisiemens/metro), o en  $mmhos\ cm^{-1}$  (micromhos/centímetro). La medida de la conductividad eléctrica se basa en la aplicación de un potencial eléctrico entre dos electrodos, observándose que la cantidad de corriente que circula varía directamente con la concentración total de las sales disueltas en el agua. La C. E. tiene en cuenta el efecto osmótico de

los diferentes solutos cuando las soluciones están diluidas y los iones completamente disociados.

La salinidad del suelo se expresa como la C. E. del extracto acuoso saturado del suelo, que se mide diluyendo el suelo y obteniendo una pasta saturada para eliminar los efectos de los cambios en el contenido de agua del suelo o en la composición de la solución del suelo. Otra forma de medir la salinidad es mediante el índice de sales solubles totales, expresado en % o en ppm. Para estudios fisiológicos es más común el uso de la concentración molar de la solución (mM o meq L<sup>-1</sup>) (Läuchli y Epstein, 1990).

Dorronsoro (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 C. E. refleja la concentración de sales solubles en la disolución.

Por su parte Vásquez (2009) menciona que para distinguir suelos salinos de no salinos, se han sugerido varios límites arbitrarios de salinidad. Se acepta que las plantas empiezan a ser afectadas de manera adversa cuando el contenido en sales excede del 1%. La clasificación americana de suelos, Soil

Taxonomy, adopta el valor de 2 ds/m como límite para el carácter salino a nivel de gran grupo y subgrupo de suelos, pues considera que a partir de ese valor las propiedades morfológicas y fisicoquímicas del perfil (y por tanto la génesis) quedan fuertemente influenciadas por el carácter salino.

El United States Salinity Laboratory Staff (USSLS, 1954) de Riverside ha establecido el límite de 4 ds/m para que la salinidad comience a ser tóxica para las plantas.

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.

En base a las C. E., el United States Salinity Laboratory Staff (USSLS, 1954) de Riverside establece los siguientes grados de salinidad:

- De 0 a 2 ds/m: Suelos normales.
- De 2 a 4 ds/m: quedan afectados los rendimientos de los cultivos muy sensibles. Suelos ligeramente salinos.
- De 4 a 8 ds/m: quedan afectados los rendimientos de la mayoría de los cultivos. Suelos salinos.

- De 8 a 16 ds/m: sólo se obtienen rendimientos aceptables en los cultivos tolerantes. Suelos fuertemente salinos.
- >16 ds/m: muy pocos cultivos dan rendimientos aceptables. Suelos extremadamente salinos.

### **Efecto de la salinidad en las plantas**

La salinidad del suelo produce un efecto negativo sobre el crecimiento de los cultivos, estableciendo relaciones empíricas entre la salinidad del suelo y el descenso en el rendimiento (Mass *et al.*, 1986).

Isla (2008) menciona que según su comportamiento frente a la salinidad, las plantas se clasifican como acumuladoras o exclusoras de iones. Bastantes halófitas, especialmente dentro del grupo de las dicotiledóneas, especializadas para crecer en ambientes muy salinos, son acumuladoras de sales, lo que les permite mantener el balance hídrico con el suelo. Sin embargo, disponen de mecanismos de succulencia o glándulas secretoras de sales con los que disminuyen la concentración de sales en sus tejidos, ya que niveles elevados afectan a diferentes procesos metabólicos.

Bernstein (1975) menciona que las especies sensibles a la sal son menos afectadas por la salinidad cuando la humedad relativa es alta que cuando ésta es baja; esto podría ser el resultado de la reducción en la transpiración a un alta humedad relativa.



Hasegawa *et al.* (1986) mencionan que la salinidad afecta primeramente la expansión de las hojas, por consiguiente, existe menor área foliar y menor actividad fotosintética, disminuyendo de esta manera la producción de biomasa.

Pastermak (1987) al estudiar el efecto de la salinidad sobre los cultivos, separó tres tipos de estrés: (1) disminución del potencial hídrico del suelo debido a una disminución del componente osmótico; (2) toxicidad iónica específica debida a un exceso de iones tales como el  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ; y (3) desequilibrios nutricionales que dificultan la absorción de determinados iones como el  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , y  $\text{NO}_3^-$ .

Munns (2005) alude que el impacto de la salinidad en plantas es esencialmente en 2 sentidos: estrés osmótico y toxicidad iónica. El estrés osmótico es causado por iones (principalmente  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ ) en la solución del suelo disminuyendo la disponibilidad de agua para las raíces. La toxicidad iónica tiene lugar cuando las raíces de las plantas absorben  $\text{Na}^+$  y/o  $\text{Cl}^-$  y esos iones se acumulan en niveles perjudiciales en las hojas. Desequilibrio de iones y deficiencias nutricionales, particularmente para la nutrición de  $\text{K}^+$ , también puede producirse (Tejera *et al.*, 2006).

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 las plantas 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.

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, traslocación de fotoasimilados a órganos subterráneos, para incrementar el crecimiento del sistema radicular y asegurar una mayor disponibilidad de agua y nutrientes.

Singh y Chatrath (2001) mencionan que las especies cultivadas en áreas con problemas de salinidad provoca en las plantas un sinnúmero de efectos fisiológicos, morfológicos y bioquímicos, tales como disminución de la fotosíntesis, una producción de granos y/o forraje y cambios cuantitativos y cualitativos en la síntesis de proteínas por cambios en la expresión de genes a causa de la salinidad, entre otros.

## **Mejoramiento de los suelos salinos**

En la búsqueda de alternativas para mejorar la productividad en regiones marginales que presentan problemas de salinidad, se enfatiza la necesidad de identificar y caracterizar nuevos recursos Fitogenéticos tolerantes al estrés salino (Soto, 1997).

Ruiz *et al.* (2007) mencionan que el uso de algunos cultivos forrajeros en el mejoramiento de suelos salinos - sódicos, representa una alternativa económica y sustentable, ya que además de reducir la salinidad pueden ser aprovechados como cultivos de amplia cobertura en grandes extensiones de suelo, para la disminución de la erosión y la producción de forraje.

Flowers (2004) menciona que las dos principales estrategias propuestas para minimizar los efectos deletéreos de la salinidad en la agricultura son las prácticas agronómicas y el mejoramiento genético. Los programas de mejoramiento convencionales han buscado introducir el carácter de tolerancia a la salinidad a través del cruce de especies silvestres tolerantes, pero todavía esta estrategia no ha logrado los resultados esperados.

## **Efecto de la salinidad en la germinación y desarrollo de semillas de especies forrajeras**

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. La presencia de sales en el medio disminuye el potencial hídrico, provocando una menor disponibilidad de agua para las semillas, de manera que éstas deben generar suficiente potencial osmótico para mejorar el estatus hídrico de los embriones y permitir su crecimiento (Jones, 1986).

Berstein y Hayward (1958) mencionan que en las semillas el efecto de las sales incide tanto en el crecimiento activo del embrión como en el crecimiento inicial de las plántulas, ya que influye sobre procesos fisiológicos como la imbibición del agua, activación y/o síntesis de enzimas, transporte de sustancias hacia el eje embrionario y bioquímicos que se desencadenan en el proceso de germinación.

Por su parte Ungar (1983) menciona que existen dos diferencias en cuanto a los efectos del estrés debido a la salinidad sobre la fisiología y ecología de las semillas de plantas halófitas y glicofitas. Primero, semillas de plantas tolerantes a salinidad son capaces de germinar en más altos grados de salinidad que de plantas sensibles, sin embargo, las halófitas responden suavemente con reducción en los porcentajes finales de germinación y un

retraso en la misma. Segundo, las semillas de muchas especies de halófitas son capaces de quedar latentes sobre condiciones hipersalinas y estas germinan cuando el nivel de salinidad se reduce.

Munns (1986) menciona que durante el desarrollo, las semillas son las primeras en enfrentar las condiciones de estrés, particularmente la salinidad afecta la reanudación del crecimiento activo del embrión como el crecimiento inicial de la plántula, a través de su influencia sobre diferentes procesos fisiológicos y bioquímicos, principalmente por su efecto sobre las relaciones hídricas así como la toxicidad de los iones.

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. Esto, debido a la alta concentración de sales en las capas superiores del suelo en zonas áridas y semiáridas, y es, en esta capa, donde quedan depositadas las semillas y las radículas de las plantas (El-Sharkawi y Springel, 1979).

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.

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.

Aceves (1979) encontró que bajo condiciones de salinidad, uno de los principales problemas es obtener un porcentaje de germinación adecuada. También menciona que a niveles moderados de sales en el suelo generalmente retardan la germinación sin afectar el porcentaje de la misma, pero a concentraciones elevadas retardan la germinación y además afectan notablemente el porcentaje de emergencia, dependiendo del cultivo. A menudo la germinación se ve afectada porque las sales se acumulan en la capa superficial del suelo y las semillas pueden verse expuestas a concentraciones varias veces mayores a las que se encuentran en la zona de las raíces en etapas posteriores el desarrollo.

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.

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 domestico (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 mayores porcentajes de germinación (99.43%) y emergencia (99.2%) se consiguieron en el testigo, mientras que para los niveles de salinidad de 4.5, 6.5 y 8.5 ds m<sup>-1</sup> se encontraron porcentajes de germinación de 62.4, 54.4 y 32.2% y de emergencia 54.6, 46.2 y 31.4%, respectivamente. 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.

Este 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 ds m<sup>-1</sup>) y el menor de 48.6% correspondió al de 6.5 ds m<sup>-1</sup>, el más salino.



### **La *Kochia scoparia* L.**

La *Kochia scoparia* L. es una planta que al igual que muchas otras pertenecientes a la familia de las *Chenopodiaceae* se encuentra distribuida mundialmente en las áreas xerófitas y halófitas, estas plantas en su mayoría arbustivas, se desarrollan y crecen en suelos con altas concentraciones de sales de calcio, potasio y pueden tolerar considerables cantidades de sodio (Everitt *et al.*, 1983).

La *Kochia* es una planta anual que se reproduce por semillas. Una sola planta produce entre 13 - 15 mil semillas. Es tolerante al frío, la germinación óptima ocurre entre 5 y 25 °C. Las plántulas muestran alguna tolerancia a las heladas. La *Kochia* es halófito y muestra germinación normal en condiciones salinas y alcalinas. Es también tolerante al estrés de humedad durante la germinación (Smith, 1983).

Por su parte Everitt *et al.* (1983) mencionan que la salinidad del suelo no tiene efecto alguno en la germinación de la semilla de *Kochia*, esto se refiere para el caso de suelos con una conductividad eléctrica de hasta 20 ds m<sup>-1</sup>. La germinación se ve ligeramente reducida cuando el pH en el suelo es menor de dos y mayor de 12, aparentemente germinando la semilla bajo condiciones extremas ácidas o alcalinas.

Las características más distintivas de la planta de *Kochia* son sus hábitos de crecimiento globular y denso; sus flores pequeñas verdosas; hojas lineales y el tallo cambia de color verde en verano, a púrpura rojizo en el otoño (Stublendieck, 1981).

El tallo es erecto, a menudo de forma piramidal o muy rameado, con las ramas erectas o ascendentes, de 0.3 a 1.7 metros o más alto, muy frondoso y globoso, poco piloso, llegando a veces con la madurez a tornarse de un color rojo púrpura (Correl y Johnston, 1970). Generalmente el tallo es de 6 a 10 mm de diámetro llegando a ser tieso y lignificado con el tiempo, alcanzado a crecer hasta 2 m de alto (Smith *et al.*, 1975).

Las hojas están dispuestas en forma alternada y opuestas, de forma lineal a lineal agudo, de 2 a 7 cm de largo y de 3 a 8 mm de ancho, usualmente prominentes con 3 a 5 venas; cónicas en la base hacia un pecíolo delgado, pubescentes, lanceoladas, delgadas y planas, a menudo circulares en la sección transversal, muy condensadas o juntas. Las hojas de la inflorescencia son pequeñas y sin pecíolos evidentes, muchas de estas, superando los pequeños grupos de flores (Stublendieck, 1981).

Las flores son en su mayoría perfectas o algunas veces pistiladas sésiles, en los axiles de pequeñas hojas que parecen brácteas formando una corta, densa y frondosa inflorescencia, pueden ser solitarias, o agrupadas con el tiempo; cáliz herbáceo de 1.5 a 2 mm de ancho y con un alado fuerte

horizontalmente, las alas son obtusas, triangulares y de 0.6 mm o menos de largo, no nervadas; de 3 a 5 estambres usualmente exsertados, los filamentos comprimidos; ovario subsésil, deprimido; con 2 o rara vez 3 estigmas y con los estilos filiformes (Villares, 1979). Cada flor da una sola semilla de 1.5 mm de diámetro, horizontal, deprimida y globosa, con 5 injertos persistentes del cáliz alrededor de la semilla; con pericarpio membranoso persistente, el cual está libre de la semilla; embrión cercanamente anular, verde y sin endospermo (Everitt *et al.*, 1983).

Las raíces son profundas. Durham y Durham (1979) en estudios realizados sobre las raíces de *Kochia scoparia* L. encontraron que una sola planta puede alcanzar un diámetro de raíces de 2.5 m, y una profundidad de 5 metros, con lo que deducen que esta es una planta extremadamente resistente a la sequía.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del trabajo**

El presente trabajo de investigación se realizó en dos etapas: I. En el laboratorio de ensayos de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) y II. En invernadero que se encuentra dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, su localización geográfica se encuentra en las coordenadas 25° 22' 44'' Latitud Norte y 101° 00' 00'' Longitud Oeste, con una altitud de 1742 msnm; y presenta una precipitación anual de 298.5 mm.

### **Material genético**

Se utilizó semilla de *Kochia scoparia* L. que fue cosechada el mes de noviembre del 2007 en la localidad de Buenavista, Saltillo, Coahuila.

La semilla se obtuvo de una sola cosecha, seleccionando plantas al azar en el mismo estado fisiológico de cada uno de los lotes establecidos, las cuales fueron maceradas de bolsas de polietileno para poder extraer la semilla, esta se limpió previamente de impurezas tales como: tierra, hojas, tallos y algunos otros residuos, posteriormente se limpió por el método del soplado (Everson *et al.*

1965), utilizando un soplador “South Dakota”; el cual consta de una o más cámaras de compresión y un ventilador impulsado por un motor de velocidad uniforme para poder mantener una corriente de aire estable, eliminando semillas vanas y otros pequeños residuos, obteniendo semilla pura viable que fue la que se utilizó únicamente para la siembra.

### **Tratamientos**

Los tratamientos evaluados para las dos etapas fueron seis concentraciones de cloruro de potasio (KCl) ajustados a las siguientes conductividades eléctricas:

<b>Tratamientos</b>	<b>ds/m de KCl</b>
<b>T 1 =</b>	0 (Testigo)
<b>T 2 =</b>	5
<b>T 3 =</b>	10
<b>T 4 =</b>	15
<b>T 5 =</b>	20
<b>T 6 =</b>	25
<b>T 7 =</b>	30

## **ETAPA I: Laboratorio**

### **Variables evaluadas**

#### **Capacidad de germinación (%)**

Esta prueba tuvo como objetivo determinar en números porcentuales aquellas semillas que tuvieran la capacidad de producir una planta normal bajo condiciones favorables. Se utilizó papel anchor, humedeciéndolo en su respectiva concentración. Una vez humedecido, se colocó un papel sobre la mesa y se sembraron 50 semillas acomodadas en dos filas en la parte central del papel, cubriéndose con otro papel húmedo y enrollándose hasta formar un “taco”, realizando cuatro repeticiones por tratamiento. Los “tacos” se colocaron en bolsas de polietileno previamente identificados y se llevaron a una cámara de germinación a una temperatura de 25 °C  $\pm$ 1 y humedad constante. Se evaluaron al cuarto día plántulas normales y a los siete días porcentaje de germinación, plántulas anormales y semillas sin germinar. El procedimiento se basó 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; hipocotilo, cotiledones y radícula, tomándose como criterio un mínimo de 1.5 cm de longitud de hipocotilo y de radícula para considerarse como plántula normal. Para obtener el porcentaje total de

plántulas normales, se realizó la última evaluación a los siete días de siembra. Los resultados fueron expresados en porcentajes.

#### Plántulas Anormales (PA)

Se evaluaron a los siete días de la siembra. Se clasificó como plántulas anormales, aquellas que presentaron las siguientes características: pobre desarrollo de la raíz, estructuras esenciales deformadas (raíz, hipocotilo y cotiledones), necrosis en alguna estructura esencial, etc. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

#### Semillas Sin Germinar (SSG)

Se evaluaron a los siete días de la siembra, considerando como semillas sin germinar 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 germinación (IVG)

Para la evaluación se tomaron en cuenta las plántulas normales emergidas al cuarto y séptimo día. Donde se considero una semilla germinada

cuando la longitud de hipocotilo y de radícula era de 1.5 cm. Para ello se utilizó la ecuación propuesta por Pill (1981), la cual se describe a continuación:

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

Donde:

$D_i$  = Semillas germinadas en el día  $i$

$D_j$  = Número de semillas germinadas en el conteo anterior al día  $i$

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

#### Primer Conteo (PC)

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

#### Longitud Media de Hipocotilo (LMH)

Esta variable se determinó solo a las plántulas normales, donde se seleccionaron 10 de estas plántulas al azar por repetición en cada tratamiento al séptimo día después de la siembra. Se evaluó con una regla de 30 cm el hipocotilo a cada una de ellas, después el total de longitud de hipocotilo se dividió entre el número total de plántulas seleccionadas como normales. Los resultados fueron expresados en centímetros.



### Longitud Media de Raíz (LMR)

De las plántulas normales obtenidas, se seleccionaron 10 plántulas al azar por repetición en cada tratamiento al séptimo día después de la siembra. Se midió con una regla de 30 cm la raíz de cada una de ellas, después el total de longitud de raíz se dividió entre el número total de plántulas seleccionadas como normales. Los resultados fueron expresados en centímetros.

### **ETAPA II: Invernadero**

En esta etapa se sembraron en el invernadero cuatro repeticiones de 50 semillas por tratamiento a una profundidad uniforme de 5 mm en charolas de nieve seca de 200 cavidades cada una, utilizando un sustrato inerte (perlita). Las charolas fueron colocadas sobre cámaras que contenían las soluciones salinas, adicionando una solución nutritiva que se ajustó a las conductividades eléctricas de cada tratamiento, quedando las charolas de forma flotante sobre las distintas concentraciones manteniendo la humedad constante, la fórmula de la solución nutritiva (Cuadro 3.1) consistió de la mezcla de soluciones concentradas llamadas A y B.

**Solución A:** compuesta por elementos mayores o macronutrientes se utilizó 1.25 ml/lit de agua en cada tratamiento.

**Solución B:** concentrada por elementos menores o micronutrientes se utilizó 0.5 ml/lit de agua en cada tratamiento.

**Cuadro 3.1.** Composición de la solución nutritiva utilizada en los tratamientos.

<b>Solución A</b>	<b>grs/lt H<sub>2</sub>O</b>	<b>Solución B</b>	<b>grs/lt H<sub>2</sub>O</b>
Fosfato mono amónico	34	Sulfato de magnesio	123
Nitrato de calcio	208	Sulfato de cobre	0.12
Nitrato de potasio	110	Sulfato de manganeso	0.62
		Sulfato de zinc	0.30
		Acido bórico	1.55
		Molibdato de amonio	0.005
		Quelato de hierro	12.5

Fuente: (FAO, 2003)

### **Variables evaluadas**

#### **Capacidad de germinación (%)**

Se obtuvo con el conteo a los 21 días en los cuales se consideraron las plántulas normales obtenidas. Se siguió la misma metodología de evaluación que la etapa I para plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar.

#### **Plántulas Normales (PN)**

Se evaluaron 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 2 cm de emergida del sustrato para

considerarse como plántula normal. Los resultados se expresaron en porcentajes.

#### Plántulas Anormales (PA)

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

#### **Vigor**

Se siguió la misma metodología de evaluación que la etapa I. Realizándose las siguientes pruebas:

#### 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 2 mm de emergida la plántula, la cual se determinó empleando la siguiente fórmula que fue expresado en porcentaje:

$$I. V.E. = \sum_{i=1}^n \frac{\text{No. de plántulas normales al conteo } i - \text{ésimo}}{\text{No. de días desde la siembra al conteo } i - \text{ésimo}}$$

### Primer Conteo (PC)

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

### Segundo Conteo (SC)

El segundo conteo se realizó a los 14 días de la siembra, determinando la cantidad de plántulas normales. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

### Longitud Media de Hipócotilo (LMH)

Se midieron 10 plántulas normales seleccionadas al azar por repetición en cada tratamiento, las cuales fueron lavadas con agua destilada para quitarle el sustrato adherido al hipócotilo, la evaluación se realizó a los 21 días después de la siembra. Los resultados fueron expresados en centímetros.

### Longitud media de Radícula (LMR)

Se midieron 10 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. Los resultados fueron expresados en centímetros.

### Peso Seco de Plántula (PSP)

Se tomaron 10 plántulas normales por repetición en cada tratamiento, se colocaron en bolsas de papel perforadas y se metieron a una estufa a 70 °C por 24 horas, una vez transcurrido el tiempo se sacaron y se colocaron en un desecador con silica gel a enfriar por 10 minutos, se pesaron las muestras en una balanza analítica con 0.0001 g de precisión, se determinó el peso de las plántulas respectivamente en gramos (grs).

### **Modelo estadístico**

Para analizar la información obtenida de este trabajo, se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones para el trabajo realizado en las dos etapas. Para tal efecto se utilizó el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Variable observada.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$T_i$  = Efecto de tratamiento.

$E_{ij}$  = Error experimental.

$i = 1, 2, \dots, n$  tratamientos

$j = 1, 2, \dots, n$  repeticiones

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

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.

a = 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.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis estadístico aplicado, así como la información obtenida en este trabajo de investigación se presentan a continuación los resultados y la interpretación para cada parámetro de las dos etapas evaluadas.

### ETAPA I: Laboratorio

En el cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza (ANVA) de los parámetros evaluados de la prueba de capacidad de germinación: 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. Lo que demuestra que las distintas concentraciones de salinidad tienen efecto sobre la calidad fisiológica de la semilla de *Kochia scoparia* L.

En las variables evaluadas de las pruebas de vigor realizadas: índice de velocidad de germinación (IVG), primer conteo (PC), longitud media de hipocotilo (LMH), y longitud media de radícula (LMR), se encontró en el análisis de varianza diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los tratamientos

(Cuadro 4.2) para lo cual, al igual que las variables anteriores, fue necesario realizar la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para la comparación de medias y así, determinar los tratamientos que presentaron mejor comportamiento.

**Cuadro 4.1** Cuadrados medios de las variables estudiadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de laboratorio.

GERMINACIÓN							
FV	GL	PN (%)		PA (%)		SSG (%)	
TRAT.	6	1951.48	**	991.90	**	194.62	**
EE	21	51.00		48.95		17.67	
CV %		12.77		22.67		31.81	

\*\* = 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.

**Cuadro 4.2.** Cuadrados medios de las variables estudiadas en las pruebas de vigor en condiciones de laboratorio.

VIGOR									
FV	GL	IVG (pta/día)		PC (%)		LMH (Cm)		LMR (Cm)	
TRAT.	6	35.56	**	2713.48	**	0.98	**	0.30	**
EE	21	00.61		35.57		0.05		0.03	
CV %		12.36		13.58		5.57		5.78	

\*\* = 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; LMH = Longitud Media de Hipócotilo; LMR = Longitud Media de Radícula.



### **Capacidad de Germinación**

Debido a las diferencias estadísticas, la prueba de comparación de medias (Cuadro 4.3) muestra que en la variable plántulas normales (PN), el testigo (T1) obtuvo el mayor número de plántulas con un 82.5 %, seguido por la concentración de 5 ds/m (T2) con un 77 %, siendo estadísticamente diferentes y así, en forma descendente se encuentran los tratamientos con conductividades de 10 ds/m (T3), 15 ds/m (T4) y 20 ds/m (T5) reportaron porcentajes de 67, 59.5 y 49.5 %, respectivamente, mostrando diferencia estadística entre ellos. Los tratamientos que presentaron el menor número de PN fue el grupo estadístico conformado por las conductividades de 25 ds/m (T6) con un 32.5 % y la de 30 ds/m (T7) con un 23.5 %. Cuartero y Fernández (1999) 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.

En la Figura 4.1 se observa la tendencia de los tratamientos respecto a la germinación. Estos resultados obtenidos fueron 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.

Por su parte Bazzigalupi *et al.* (2008) al realizar un experimento con *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.

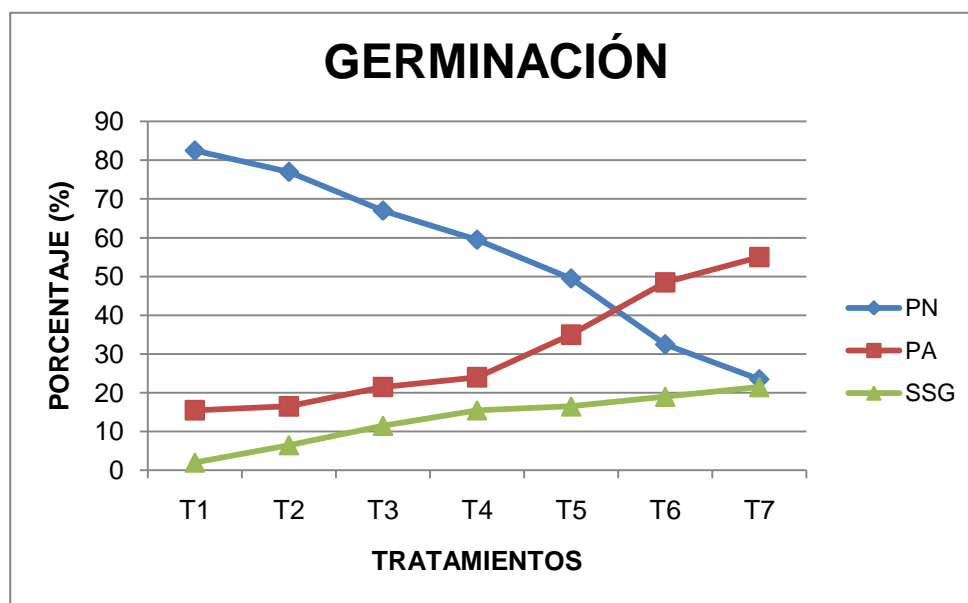
Respecto a plántulas anormales (PA) la comparación de medias (Cuadro 4.3) demuestra que el grupo estadístico conformado por el testigo (T1) y la concentración de 5 ds/m (T2) fueron los que presentaron el menor número de PA con un 15.5 y 16.5 %, continuando el grupo formado por las concentraciones de 10 ds/m (T3) con 21.5 % y la de 15 ds/m (T4) con 24.5 %. Por su parte la concentración de 20 ds/m (T5) reportó un 35 % y la de 25 ds/m (T6) un 48.5 %. Mientras que la conductividad de 30 ds/m (T7) fue el que presentó el mayor número de PA con un 55 % (Figura 4.1).

Para semillas sin germinar en la comparación de medias (Cuadro 4.3) se observa que el testigo (T1) presentó el menor porcentaje de SSG con un 2 %, seguido de la concentración de 5 ds/m (T2) con 6.5 %, y la de 10 ds/m con 11.5 %, siendo estadísticamente diferentes, mientras que el grupo estadístico conformado por los tratamientos de 15, 20 y 25 ds/m presentaron porcentajes de 15.5, 16.5 y 19 %, respectivamente, siendo el tratamiento de mayor salinidad (30 ds/m) el que presentó el mayor porcentaje de SSG con un 21.5 % (Figura 4.1).

**Cuadro 4.3.** Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de laboratorio.

GERMINACIÓN						
TRATAMIENTOS	PN (%)		PA (%)		SSG (%)	
T1	82.50	a	15.50	d	2.00	d
T2	77.00	ab	16.50	d	6.50	cd
T3	67.00	bc	21.50	cd	11.50	bc
T4	59.50	cd	24.00	cd	15.50	ab
T5	49.50	d	35.00	bc	16.50	ab
T6	32.50	e	48.50	ab	19.00	ab
T7	23.50	e	55.00	a	21.50	a

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



**Figura 4.1.** Respuesta a la germinación en semilla de *Kochia scoparia* L. bajo distintas concentraciones de salinidad en condiciones de laboratorio.

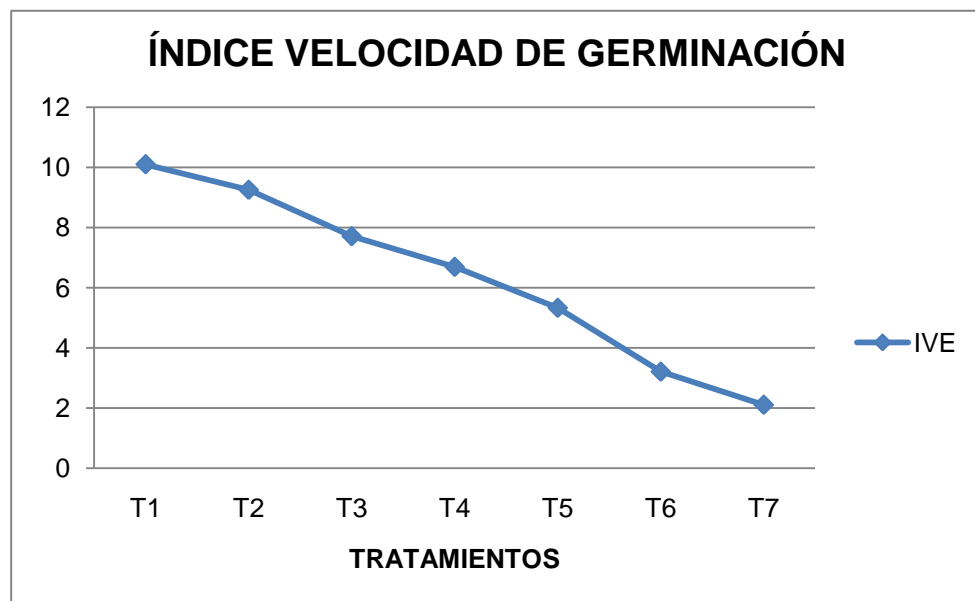
## **Vigor**

En la variable índice velocidad de germinación (IVG) al realizar la comparación de medias (Cuadro 4.4) se observó que el testigo (T1) fue el que presentó una mejor respuesta con un índice de 10.10, seguido de la concentración de 5 ds/m (T2) con 9.25, estadísticamente diferentes, mientras que las conductividades de 10, 15, 20 ds/m presentaron índices de 7.71, 6.69 y 5.33, respectivamente. Siendo el grupo estadístico conformado por las conductividades eléctricas de 25 y 30 ds/m los que presentaron los índices más bajos de germinación con 3.21 y 2.11. En la Figura 4.2 se muestra el comportamiento de los tratamientos, donde se observa la tendencia de cómo el índice de germinación va disminuyendo al ir aumentando las concentraciones de sales. 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.

**Cuadro 4.4.** Comparación de medias de las variables evaluadas en las pruebas de vigor en condiciones de laboratorio.

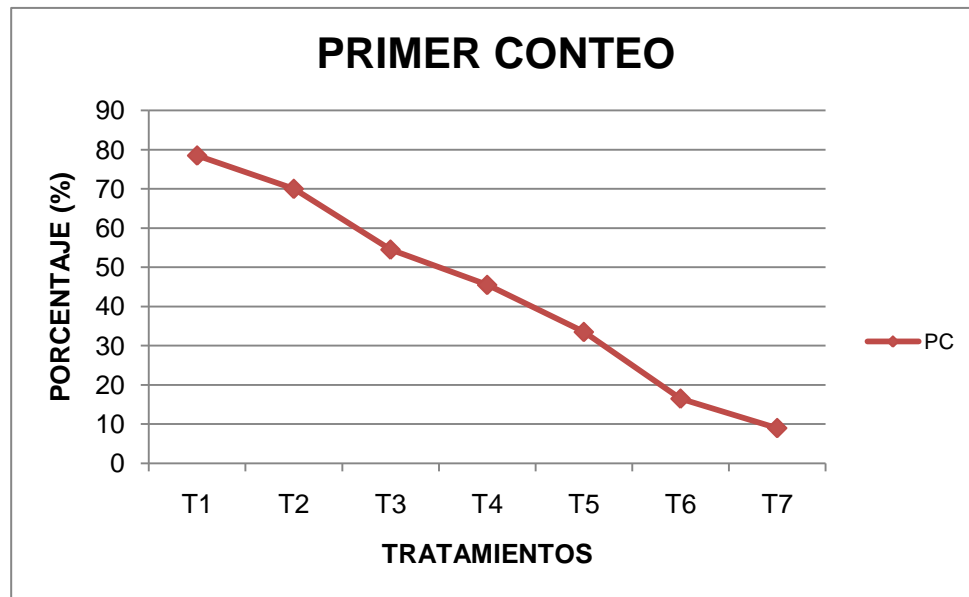
VIGOR								
TRATAMIENTOS	IVG (Pta/día)		PC (%)		LMH (cm)		LMR (cm)	
T1	10.10	a	78.50	a	4.15	ab	3.44	a
T2	09.25	ab	70.00	a	4.50	a	3.07	b
T3	07.71	bc	54.50	b	4.36	a	2.88	bcd
T4	06.69	cd	45.50	b	3.77	b	2.98	bc
T5	05.33	d	33.50	c	4.06	ab	2.59	d
T6	03.21	e	16.50	d	3.72	b	2.82	bcd
T7	02.11	e	09.00	d	3.02	c	2.72	cd

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



**Figura 4.2.** Comportamiento de la variable índice velocidad de germinación en semilla de *Kochia scoparia* L. bajo distintas concentraciones de salinidad en condiciones de laboratorio.

Para la variable primer conteo (PC) la comparación de medias (Cuadro 4.4) el grupo estadístico conformado por el testigo (agua destilada) y la conductividad eléctrica de 5 ds/m presentaron los mayores valores en PC con 78.5 y 70 %, respectivamente, seguido del grupo estadístico formado por las conductividades de 10 y 15 ds/m con 54.5 y 45.5 %, mientras que a 20 ds/m se presentó un 33.5%, el comportamiento del grupo estadístico conformado por los tratamientos de 25 y 30 ds/m, como era de esperarse por los resultados obtenidos en la germinación, reportaron los porcentajes más bajos con 16.5 y 9 %. La figura 4.3 permite apreciar el efecto de las distintas concentraciones de salinidad a los siete días que se realizó el primer conteo.

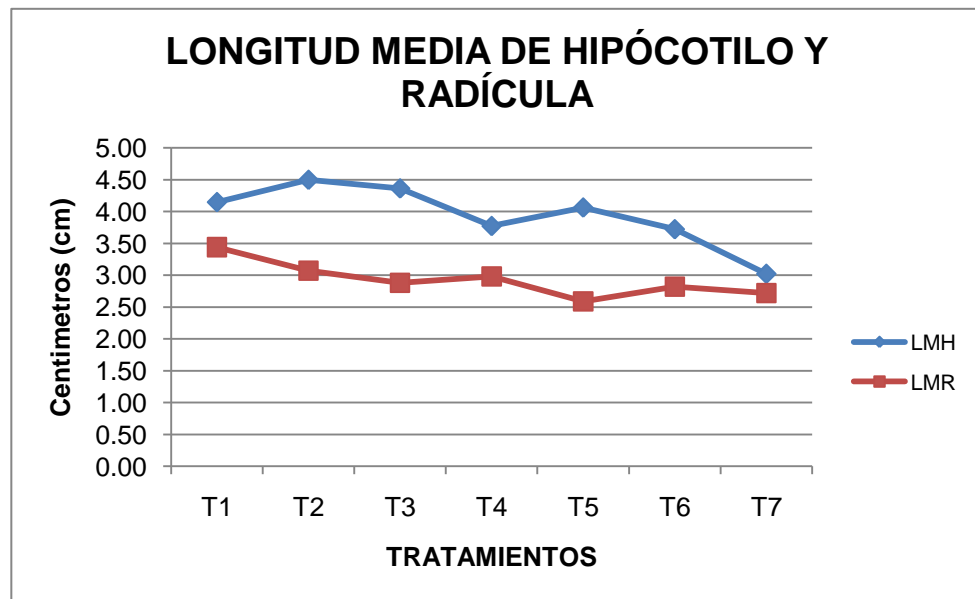


**Figura 4.3.** Comportamiento de la variable primer conteo en semilla de *Kochia scoparia* L. bajo distintas concentraciones de salinidad en condiciones de laboratorio.

En la variable longitud media de hipocotilo (LMH) la comparación de medias (Cuadro 4.4) demostró que las conductividades eléctricas de 5 y 10 ds/m presentaron las mayores longitudes con 4.50 y 4.36 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, seguido del grupo estadístico constituido por el testigo y la conductividad de 20 ds/m con 4.15 y 4.06 cm, no teniendo efecto esta última concentración al tratamiento que no presenta salinidad, esto pudo deberse a las condiciones en que crecieron las plántulas en el laboratorio, al no recibir suficiente luz para tener un crecimiento uniforme, por lo que estas etiolaron, es decir, las células se alargaron, conformando otro grupo estadístico las concentraciones de 15 y 25 ds/m presentaron longitudes de 3.77 y 3.72 cm, mientras que el tratamiento que más afectó el crecimiento de la plántula fue el de 30 ds/m ya que presentó una longitud de 3.02 cm. En la Figura 4.4 se muestra el efecto de la salinidad sobre el hipocotilo. Argetel *et al.* (2006) al realizar un estudio en laboratorio sobre el efecto de diferentes concentraciones salinas de NaCl (12, 15, 22, 25 y 28 ds/m) en Trigo variedad Cuba-C-204, observó 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 4.4) se observa que el testigo (agua destilada) alcanzó la mayor longitud de raíz con 3.44 cm, seguido de la conductividad de 5 ds/m con

3.07 cm, la de 15 ds/m con 2.98 cm, siendo estadísticamente diferentes, formando un grupo estadístico los tratamientos de conductividades eléctricas de 10 y 25 ds/m presentaron valores de 2.88 y 2.82 cm, respectivamente. Mientras que el tratamiento de mayor conductividad eléctrica (30 ds/m) alcanzó una longitud de 2.72 cm. Por lo que el tratamiento de 20 ds/m obtuvo la menor longitud de radícula con 2.59 cm, como se aprecia en la Figura 4.4. 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 4.4** Comportamiento de la variable longitud media de hipocotilo y radícula en semilla de *Kochia scoparia* L. bajo distintas concentraciones de salinidad en condiciones de laboratorio.



Musito *et al.* (2004) en laboratorio evaluaron 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.

## **ETAPA 2: Invernadero**

En el Cuadro 4.5 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza (ANVA), los resultados obtenidos muestran diferencias altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre los tratamientos para las variables evaluadas en la prueba capacidad de germinación: plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG).

En las pruebas de vigor: índice de velocidad de emergencia (IVE), primer conteo (PC), segundo conteo (SC), longitud media de hipocotilo (LMH), longitud media de radícula (LMR) y peso seco de plántula (PSP). Los resultados del análisis de varianza muestran que estas variables estudiadas tuvieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los tratamientos como se muestra en el Cuadro 4.6. Para todas variables evaluadas fue necesario hacer una prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para poder hacer una buena comparación de medias, y determinar que tratamientos se comportaron de mejor manera.

**Cuadro 4.5.** Cuadrados medios de las variables estudiadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de invernadero.

<b>GERMINACIÓN</b>				
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>PN (%)</b>	<b>PA (%)</b>	<b>SSG (%)</b>
TRAT	6.00	3252.95 **	673.24 **	1528.62 **
EE	21.00	41.76	39.62	52.52
CV %		16.24	20.88	28.81

\*\* = 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.

**Cuadro 4.6.** Cuadrados medios de las variables estudiadas en las pruebas de vigor en condiciones de invernadero.

<b>VIGOR</b>									
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>IVE (%)</b>	<b>PC (%)</b>	<b>SC (%)</b>	<b>LMH (cm)</b>	<b>LMR (cm)</b>	<b>PSP (grs)</b>		
TRAT	06.00	301.37 **	1040.90 **	2217.29 **	10.49 **	26.80 **	0.04 **		
EE	21.00	4.20	4.71	11.95	0.11	1.56	0.00		
CV %		14.27	14.83	14.53	7.06	22.74	14.60		

\*\* = Altamente Significativo (0.01 % de probabilidad); \* = Significativo (0.05 % de probabilidad); NS = No Significativo; CV= Coeficiente de Variación (porcentaje); IVE = Índice de Velocidad de Emergencia, PC = Primer conteo; SC = Segundo conteo; LMH = Longitud Media de Hipocotilo; LMR = Longitud Media de Radícula; PSP = Peso Seco de Plántula.

### Capacidad de germinación

Debido a las diferencias estadísticas (Cuadro 4.7), la prueba de comparación de medias (DMS) nos muestra que en la variable plántulas normales (PN), la mejor respuesta la presentó el tratamiento con la conductividad eléctrica de 5 ds/m con un 76.5 %, y el testigo que estadísticamente son iguales, pero que numéricamente resultó menor con un 72.5 %, 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 52 y de 40 %, por lo que respecta al grupo formado por los tratamientos de 20 ds/m, 25 ds/m y 30 ds/m presentaron el menor número de plántulas normales con un 18.5, 13 y 6 %, respectivamente, siendo estadísticamente iguales, lo cual indica que a estas concentraciones de salinidad se afecta de forma considerable la germinación de esta especie (Figura 4.5). 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 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.

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.

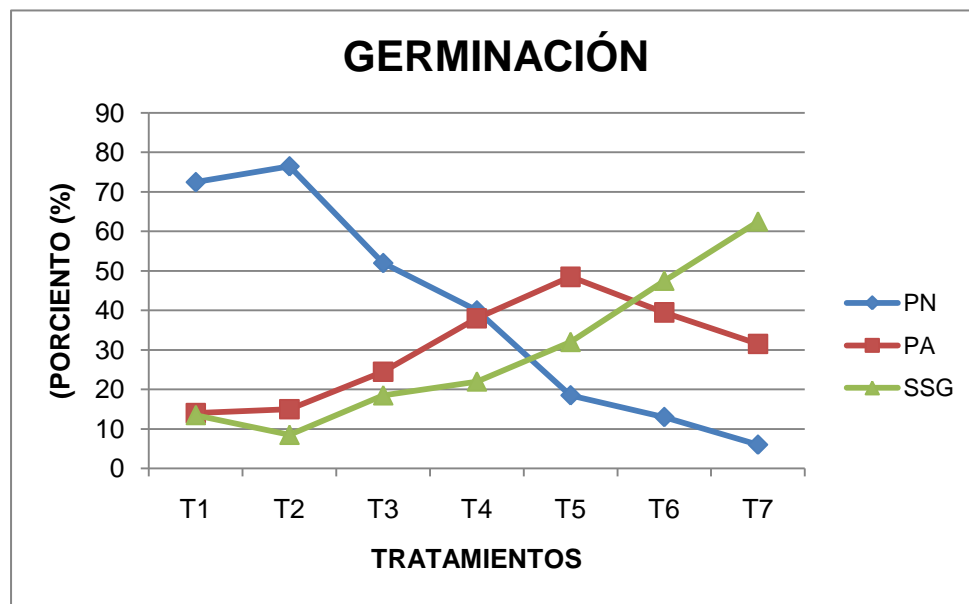
Para plántulas anormales (PA) la comparación de medias (Cuadro 4.7) nos muestra que el testigo y el tratamiento de 5 ds/m fueron los que menor porcentaje de PA ya que presentaron un 14 y 15 %, respectivamente, siendo estadísticamente iguales, seguidos de la concentración de 10 ds/m con 24.5 %, mientras que el tratamiento de mayor salinidad (30 ds/m) reportó un 31.5 % de anormalidades, formando otro grupo estadístico las conductividades de 15 ds/m con 38 % y la de 25 ds/m con 39.5 %, por su parte la concentración de 20 ds/m fue el que mostro el mayor numero de anormalidades con 48.5 % (Figura 4.5). Ramos *et al.* (2004) 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 la variable semillas sin germinar (SSG) al realizar la comparación de medias (Cuadro 4.7) se observó que los tratamientos que presentaron un menor porcentaje de semillas sin germinar fueron los de conductividades eléctricas de 5 ds/m con un 8.5 % y el testigo (agua destilada) con 13.5 %, estadísticamente iguales, seguido de las concentraciones de 10 ds/m con 18.5 % y la de 15 ds/m con 22 %, que estadísticamente son iguales, mientras que los tratamientos de 20 ds/m reporto un 32 % y el de 25 ds/m un 47.5 %. La conductividad más alta de 30 ds/m fue el que mostro el mayor porcentaje de semillas sin germinar con un 62.5 % (Figura 4.5).

**Cuadro 4.7.** Comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba capacidad de germinación en condiciones de invernadero.

GERMINACIÓN						
TRATAMIENTOS	PN (%)		PA (%)		SSG (%)	
T1	72.50	a	14.00	d	13.50	d
T2	76.50	a	15.00	d	08.50	d
T3	52.00	b	24.50	cd	18.50	cd
T4	40.00	b	38.00	ab	22.00	cd
T5	18.50	c	48.50	a	32.00	c
T6	13.00	c	39.50	ab	47.50	b
T7	06.00	c	31.50	bc	62.50	a

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



**Figura 4.5.** Respuesta a la germinación en semilla de *Kochia scoparia* L. bajo distintos niveles de salinidad en condiciones de invernadero.

## **Vigor**

En la variable índice velocidad de emergencia (IVE), los resultados obtenidos en la comparación de medias (Cuadro 4.8) nos indica que el testigo tiene el mejor comportamiento ya que presenta una velocidad de emergencia de 26.5 %, siguiéndole con una ligera reducción la conductividad eléctrica de 5 ds/m con un 22.64 %, después se encuentra la concentración de 10 ds/m con 19.11 %, seguidos de las concentraciones de 15 ds/m con un 13.71 %, la de 20 ds/m con un 9.19 % y de 25 ds/m con un índice de 5.36 %, formando cada uno un grupo estadístico, mientras que el tratamiento de 30 ds/m fue el que presentó el menor índice de emergencia con 4.09 %. Se puede observar en esta variable que al incrementarse las concentraciones de sales se va reduciendo la emergencia de esta especie (Figura 4.6). 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. Donde la concentración a cero ds/m, alcanzó un 95 por ciento de germinación, a los cuatro días después de la siembra; a 4 y 8 ds/m, obtuvieron un 90 y 82 por ciento respectivamente, a los cinco días; a 8 y 12 ds/m la máxima cantidad de plántulas germinadas se logró a las siete días, con porcentajes de 73 y 55, respectivamente; y a concentraciones de 24 y 30 ds/m, la máxima germinación se obtuvo a los nueve días, con 35 y 14 por ciento, respectivamente. Estos autores encontraron que la emergencia ocurre a concentraciones menores de 15.5 ds/m, concluyendo que la *Kochia* es tolerante a las sales en las etapas de germinación y emergencia.

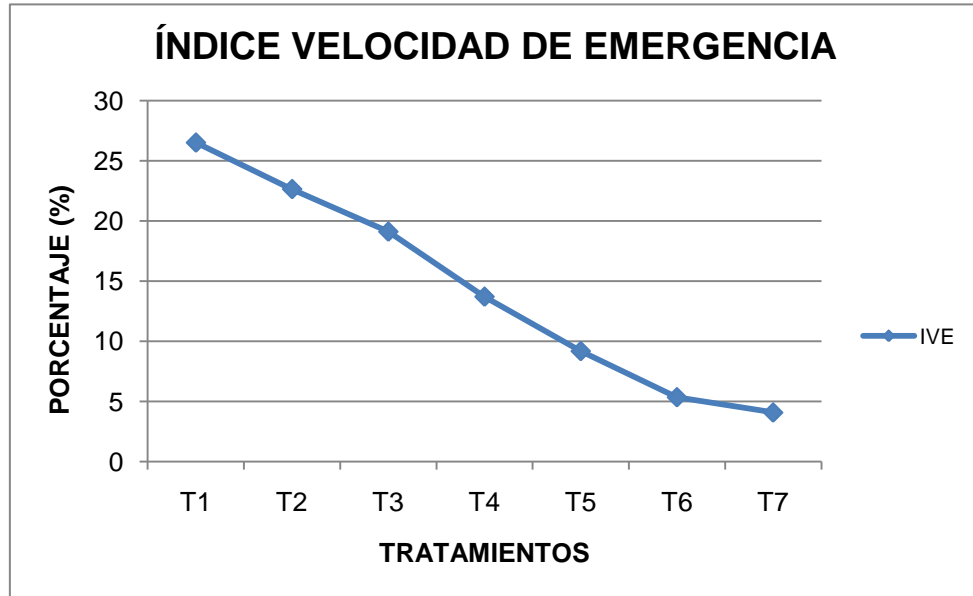
**Cuadro 4.8.** Comparación de medias de las variables evaluadas en las pruebas de vigor en condiciones de invernadero.

VIGOR						
TRATAMIENTOS	IVE (%)	PC (%)	SC (%)	LMH (cm)	LMR (cm)	PSP (grs)
T1	26.50 <sup>a</sup>	39.00 <sup>a</sup>	57.50 <sup>a</sup>	6.74 <sup>a</sup>	8.14 <sup>a</sup>	0.27 <sup>a</sup>
T2	22.64 <sup>ab</sup>	30.50 <sup>b</sup>	47.00 <sup>b</sup>	6.56 <sup>a</sup>	8.13 <sup>a</sup>	0.26 <sup>a</sup>
T3	19.11 <sup>b</sup>	23.00 <sup>c</sup>	37.50 <sup>c</sup>	5.69 <sup>b</sup>	7.68 <sup>a</sup>	0.23 <sup>a</sup>
T4	13.71 <sup>c</sup>	09.00 <sup>d</sup>	18.50 <sup>d</sup>	4.56 <sup>c</sup>	5.95 <sup>a</sup>	0.17 <sup>b</sup>
T5	09.19 <sup>d</sup>	01.00 <sup>e</sup>	04.50 <sup>e</sup>	3.46 <sup>d</sup>	3.40 <sup>b</sup>	0.09 <sup>c</sup>
T6	05.36 <sup>de</sup>	0.00 <sup>e</sup>	01.50 <sup>e</sup>	3.35 <sup>de</sup>	2.76 <sup>b</sup>	0.07 <sup>cd</sup>
T7	04.09 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	0.00 <sup>e</sup>	2.76 <sup>e</sup>	2.43 <sup>b</sup>	0.03 <sup>d</sup>

IVE= Índice Velocidad de emergencia; PC = Primer conteo; SC = Segundo conteo LMH = Longitud Media de Hipocotilo; LMR = Longitud Media de Radícula; PSP = Peso Seco Plántula. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (P<0.01).

Para el parámetro Primer Conteo (PC) que se evaluó a los siete días, al realizar la prueba de comparación de medias (Cuadro 4.8) se muestra que el mejor comportamiento lo obtuvo el tratamiento sin salinidad (T1) ya que presentó el mayor valor con un 39 %, seguido de la concentración de 5 ds/m con 30.5 %, 10 ds/m con 23 % y 15 ds/m con 9 %, representando grupos estadísticos diferentes. Los que reportaron los valores más bajos y formando un mismo grupo estadístico fueron las conductividades de 20 ds/m que presentó el 1%, mientras que para las de 25 y 30 ds/m se reportaron valores nulos ya que no se observó ninguna respuesta a estas dosis de salinidad (Figura 4.7). Porta *et al.*, (1999), señalan que la presencia de sales en el suelo provoca un retardo en la nacencia, que con salinidades elevadas puede no tener lugar. Mientras que Daubenmire (1990), indica que en condiciones salinas en la mayoría de las

halófitas y las glicófitas, la germinación es muy lenta y la supervivencia de las plántulas es muy difícil.

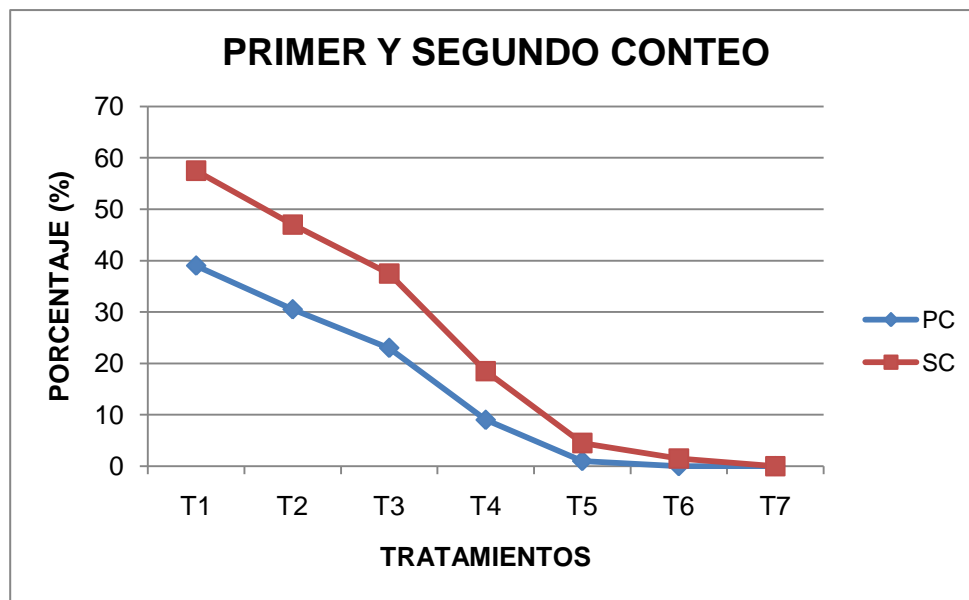


**Figura 4.6.** Comportamiento de la variable índice velocidad de emergencia en semilla de *Kochia scoparia* L. bajo distintos niveles de salinidad en condiciones de invernadero.

Mientras que para el parámetro Segundo Conteo (SC) que fue evaluado a los 14 días, en la prueba de comparación de medias (Cuadro 4.8) la mejor respuesta al igual que la variable anterior la obtuvo el tratamiento sin salinidad (testigo) con valores de 57.5 %, seguidos de las concentraciones de 5 ds/m con un 47 %, de 10 ds/m con 37.5 % y la de 15 ds/m con 18.5 %, formando grupos estadísticos diferentes. Para el caso de las conductividades de 20 y 25 ds/m se reportaron valores de 4.5 y 1.5 %, respectivamente, mientras que para la concentración de 30 ds/m se obtuvo un valor nulo, al igual que en el primer



conteo no hubo respuesta a la germinación al momento de la evaluación (Figura 4.7).



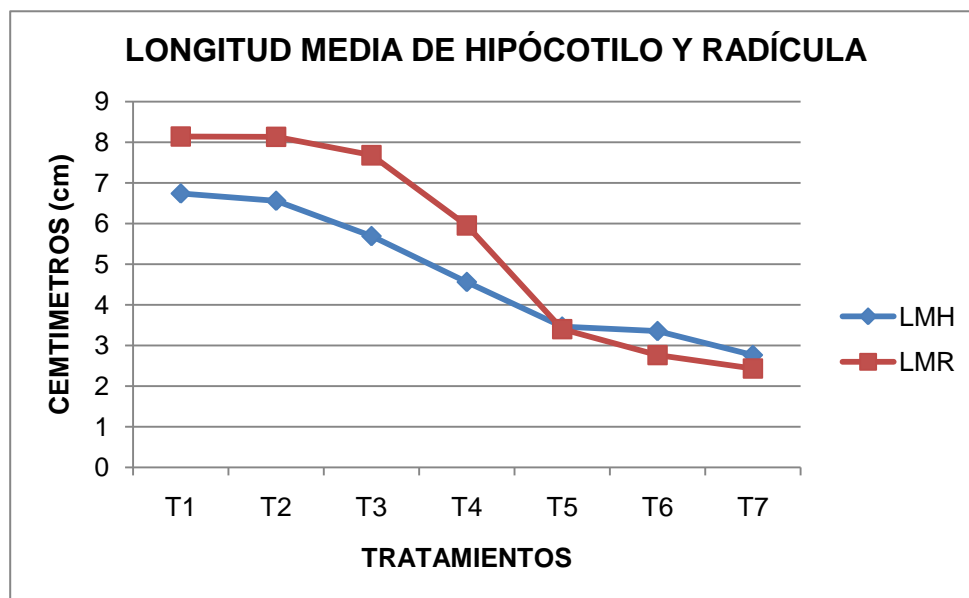
**Figura 4.7.** Comportamiento de las variables primer y segundo conteo en semilla de *Kochia scoparia* L. bajo distintos niveles de salinidad en condiciones de invernadero.

Al analizar los resultados de la comparación de medias (Cuadro 4.8) para longitud media de hipocotilo (LMH) el testigo y la conductividad eléctrica de 5 ds/m son los que presentaron mayor longitud de hipocotilo con 6.74 y 6.56 cm, respectivamente, siendo estadísticamente iguales, mostrando un buen comportamiento la concentración de 10 ds/m con 5.69 cm, seguido de los tratamientos de 15 ds/m con 4.56 cm, de 20 ds/m con 3.46 cm y de 25 ds/m con 3.35 cm, existiendo diferencias estadísticas entre ellos. Mientras que el tratamiento de 30 ds/m reportó la menor longitud con 2.76 cm. Con lo anterior

podemos decir que conforme las semillas son expuestas a concentraciones más altas salinidad el efecto negativo es mayor en el desarrollo del hipócotilo (Figura 4.8).

Respecto a longitud media de radícula (LMR) al realizar la comparación de medias (Cuadro 4.8), los resultados nos muestran que el tratamiento que presento la mayor longitud de radícula fue el testigo (T1) con 8.14 cm, presentando una mínima diferencia numérica la concentración de 5 ds/m con una longitud promedio de 8.13 cm, seguidos del tratamiento de 10 ds/m con 7.68 cm y el de 15 ds/m con 5.95 cm, siendo estos estadísticamente iguales. Por su parte la conductividad de 20 ds/m obtuvo una longitud de 3.4 cm, el tratamiento de 25 ds/m reporto 2.76 cm y presentando la menor longitud de radícula, la concentración de 30 ds/m con un promedio de 2.43 cm (Figura 4.8). Almasoum (2000) menciona 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.

Jeannette *et al.* (2002) evaluaron 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 el hipócotilo decrecieron con el incremento en la salinidad.

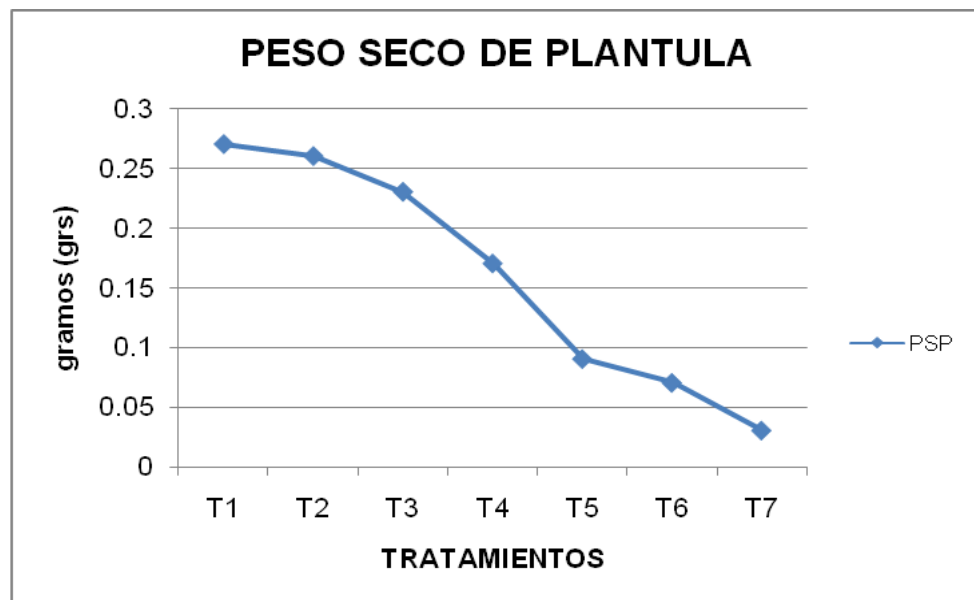


**Figura 4.8.** Comportamiento de las variables longitud media de hipocotilo y radícula en semilla de *Kochia scoparia* L. bajo distintos niveles de salinidad en condiciones de invernadero.

En cuanto a la variable Peso Seco de Plántula (PSP) al analizar los resultados de la comparación de medias (Cuadro 4.8) los tratamientos que registraron el mayor peso de materia seca fue el testigo (T1) con 0.27 grs, el de conductividad eléctrica de 5 ds/m (T2) con 0.26 grs y el de 10 ds/m (T3) con 0.23 grs, presentando solo diferencia numérica, ya que son estadísticamente iguales, mientras que a una conductividad de 15 ds/m la producción de materia seca comenzó a decrecer ya que se obtuvo un peso de 0.17 grs. Los tratamientos de 20 y 25 ds/m reportaron pesos de 0.09 y 0.07 grs, respectivamente, siendo estadísticamente diferentes. El tratamiento de 30 ds/m fue el que obtuvo el menor peso seco de plántula con 0.03 grs, indicando que

las altas concentraciones de sal afecta de forma considerable la producción de materia seca de la plántula (Figura 4.9).

Jaradat *et al.* (2004) realizaron 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 4.9.** Comportamiento de la variable peso seco de plántula en *Kochia scoparia* L. bajo distintos niveles de salinidad en condiciones de invernadero.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y a las condiciones en las cuales se realizó esta investigación, se concluye lo siguiente:

Para las dos etapas del experimento se observó que las sales (KCl) y el aumento de estas van afectando directamente la germinación y el vigor de la semilla de *Kochia scoparia* L., ya que al aumentar la salinidad, se incrementa las semillas sin germinar y las plántulas anormales.

En laboratorio aunque el incremento de sales con KCl va afectando el porcentaje y retardando el proceso de germinación, esta semilla presenta un comportamiento fisiológico sobresaliente hasta conductividades de 5 ds/m, reduciéndose significativamente a concentraciones mayores.

A concentraciones de 5 y 10 ds/m se incrementa la longitud del hipocotilo de las plántulas y la longitud de radícula es afectada significativamente a partir de 5 ds/m.

En invernadero se observó que la respuesta fisiológica de la semilla fue menor que en laboratorio. La germinación y la emergencia comenzaron a disminuir significativamente a concentraciones mayores de 5 ds/m.

A una concentración salina de 5 ds/m esta semilla presenta una mejor respuesta a la germinación, obteniendo el mayor porcentaje de plántulas normales y el menor número de semillas sin germinar

En el desarrollo de plántula el efecto fue negativo al incrementarse la salinidad siendo este significativo a conductividades mayores de 5 ds/m para longitud de hipocotilo y arriba de 15 ds/m para longitud de raíz, lo cual se reflejó en una menor producción de materia seca.

Al combinar los resultados de laboratorio e invernadero se concluye que la *Kochia scoparia* L. es tolerante a las sales (KCl) en el proceso de germinación y presenta buen vigor, hasta conductividades de 5 ds/m por lo que el establecimiento de una pradera en suelos hasta estos niveles de salinidad es exitoso.

## RESUMEN

El trabajo se realizó en dos etapas, laboratorio e invernadero de la UAAAN en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a los 25° 22' 44'' LN y 10° 00' 00'' LO, a una altitud de 1742 msnm. Se utilizó semilla de *Kochia scoparia* L. que fue cosechada el mes de noviembre del 2007 en la localidad de Buenavista, Saltillo, Coahuila, una vez acondicionada fue sembrado en los dos ambientes. Los tratamientos evaluados para ambas condiciones, fueron seis concentraciones de cloruro de potasio (KCl) ajustados a las siguientes conductividades eléctricas: T1= Testigo (agua destilada), T2= 5 ds/m, T3= 10 ds/m, T4= 15 ds/m, T5= 20 ds/m, T6= 25 ds/m y T7= 30 ds/m. Las variables evaluadas fueron: capacidad de germinación (CG) con sus componentes de vigor, índice velocidad de germinación (IVG), índice velocidad de emergencia (IVE), longitud media de hipocotilo (LMH) longitud media de radícula (LMR) y peso seco de plántulas (PSP). La información se analizó con un diseño completamente al azar y se utilizó el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1989). Además de la prueba de DMS. Los resultados obtenidos en los dos ambientes, se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos en las variables estudiadas, destacando, los tratamientos 2 y 1 respectivamente. Se concluye que en los dos ambientes, las sales (KCl) y el aumento de estas afectan

directamente la germinación y el vigor de la semilla de *Kochia scoparia* L., ya que al incrementar la salinidad, se incrementa las semillas sin germinar y las plántulas anormales.



## LITERATURA CITADA

- Aceves, N. E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego (Identificación, Control, Combate y Adaptación). Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. Pp. 113-116.
- Allison L.E.; Brown, J.E.; Hayward, H.E.; Richards, L.A.; Bernstein, L.; Fireman, M.; Pearson, G. A.; Wilcox, L. V.; Bower, C. A.; Hatcher J.T. y Reeve, R. C. 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.
- 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.
- Arango, M. R. y Craviotto R. M. 2009. Calidad de semillas en soja. INTA. En línea: <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/oleaginosa/soja03.pdf>. Consulta: Enero 2009.
- 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. Vol. 27 No. 3, p 45-48.

- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1992. Seedling evaluation handbook. Contribution No.35. USA. 32 – 38 p.
- Basnayake, J.; Cooper, M.; Ludlow, M. y Henkell, R. 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.
- Berstein, L. y H. Hayward, 1958. Physiology of salt tolerance. Ann. Rew. Plant Phys.9:25-45.
- Berntein, L. 1975. Effects of salinity and sodicity on plant growth. Annual Review of Phytopatology, 13: 295 – 312. United States of America.
- Cavalcante, A. y Perez, S. 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.
- Correl, D. y Johnston, M. 1970. Manual of the vascular plants of Texas. Tex. Res. Found, Renner, Texas.

- Cuartero F. y Fernández-Muñoz R. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulture*.78: 83-125.
- Da Silva, R.; Fernandes Lopes, N.; Munt de Moraes, D.; De Almeida Pereira, A. y Loureiro Duarte. G. 2007. Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress. *Revista Brasileira de Sementes* 29(1):40-44.
- Daubenmire, R. 1990. *Ecología Vegetal: tratado de autoecología de plantas* Limusa, México, D.F. 496 pp.
- Dorronsoro, C. F. 2008. Contaminación por sales solubles. En línea: <http://www.edafologia.ugr.es/Conta/Tema12/1Concep.html>. Consulta: Noviembre de 2008.
- Durham, R. and J. Durham. 1979. Arid land plant Resources *Kochia* It's Potential for forage production. *Semi-arid land Studies*. Univ. Lubbock. Texas Tech.
- El- Sharkawi, H. M. and I. V. Springuel. 1979. Germination of some crop plant seeds under salinity stress. *Seed Sci. & Technol.* 7 (1): 27-37. The Netherlands.
- Everitt, J., M. Alaniz and J. Lee., 1983. Seed germination characteristics of *Kochia scoparia*. *J. Range Management* 36 (5):646.
- Everson, LE, C.S. Shin, and F.B. Cady. 1965. A comparison of the uniform blowing and hand methods for the purity analysis of *Poa pratensis* seed. *Proc. Int. Seed test. Association.* p. 493-507.

- Fanti, S. y Pérez, S. 2004. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39(9): 903-909.
- Figueroa V. U.; Flores O. M. A. y Palomo R. M. 2005. Metodología para evaluar la tolerancia a salinidad de cultivos en etapas tempranas de desarrollo. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*. 5: 133-140.
- Flowers, T. J. 2004. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany* 55:307-319.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2003. *La Huerta Hidropónica Popular. Manual Técnico*. 3ra Edición. Santiago, Chile. 131 pp.
- Ghassemi, F.; Jakeman, A.; Nix, H. 1995. *Salinisation of land and water resources*. CAB International. Wallingford, England. 315 pp.
- González, L. y Ramírez R. 1996. Respuesta de *Terannus labilis* diferentes niveles de salinidad durante la germinación y crecimiento. *Cultivos Tropicales* 17(3):1719.
- Gorham, J.; Wynjones R. G. and Mc.Donnel E. 1985. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. *Plant and Soil* (89):15-40.
- Hasegawa, P. M.; R. A. Bressan and A. K. Handa. 1986. Cellular mechanisms of salinity tolerance. *Hort Science*. 21 (6): 1317 – 1324. United States of America.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1991. *Tree and Shrub Seed Handbook*. Zurich, Suica.

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.

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.

Jaradat, A. A., M. Shahid, & 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.

Jones, R. A. 1986. High salt tolerance potential in *Lycopersicon* species during germination. *Euphytica*; 35: 575-582.

Läuchli, A. y Epstein, E. 1990. Plant responses to saline and sodic conditions. En: *Agricultural Salinity Assessment and Management* (Tanji, K.K., ed.), pp. 113-137. Amer. Soc.Civil Eng., ASCE Manual and Reports on Engineering Practice N°. 71, ASCE, New York.

Levitt J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. New York: Academic, 2nd. Ed.

Mass, E.V.; Poss, J. A. and Hoffman G. J. 1986. Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. *Irrig. Sci* 7: 1 – 11.

- 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.
- Meza, N.; Arizaleta M. y Bautista D. 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.
- Meza, N.; Pereira A. y Bautista D. 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.
- Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167, 645-663.
- Munns, R. and A. Termaat. 1986. Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*. 13 (1): 143- 160.
- 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.
- 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.
- Pasternak, D. 1987. Tolerance and crop production – A comprehensive approach. *Ann. Rev. Plant Phytopathol.* 25: 271 – 291.

- Pérez, H. 1996. Pasturas cultivadas: Implantación y manejo de pasturas cultivadas subtropicales. INTA. Estación Experimental Santiago del Estero: 7.
- Pill, W. G. 1981. Fluid sowing of tomato seed influence of phosphorus additions to five gel. Vol. 6:1.38 – 49. USA.
- Porta, C.; López-Acevedo, R. y Roquero, De L. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi-Prensa. Madrid, España. p 454.
- Ramos, J. C.; Perreta, G. M.; Tivano, C. J. y Vegetti, C. A. 2004. Variaciones anatómicas en la raíz de *Pappophorum philippianum* inducidas por salinidad. Rev. Internacional de botánica experimental. 103-109 p.
- Romero - Aranda, R.; Soria, T. y Cuartero, J. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. Plant Science. 160: 265-272.
- Ruíz, C. E.; Aldaco, N. R.; Montemayor, T. A.; Fortis, H. M.; Olague, R. J. y Villagómez, G. J. 2007. Aprovechamiento y mejoramiento de un suelo salino mediante el cultivo de pastos forrajeros. Tec. Pecu. Méx.; 45 (1): 19 -24.
- Sánchez, M. y Fegurson J. E. 1986. Medición de calidad en semillas de *Andropogon gayanus*. Revista Brasileira de Sementes. Vol. 8, No 1, p. 9-28.
- SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User`s Guide. Version 6, fourth Edition. SAS Institute Inc., Cary, N.C.

- Singh, K. N. and Chatrath, R. 2001. Breeding for adaptation to environmental factors. Chapter 8. Salinity Tolerance. 170 p.
- Smith, D., A Wiese and A. Cooley. 1975. Postemergence control of *Kochia* and Russian thistle in early spring. *Agronomy Journal* 67:752.
- Smith, L.J. 1983, *Kochia scoparia* L. Universidad of Idaho, Ag. Extension, bulletin # 722.
- Soto, G. 1997. *Atriplex nummularia* una especie pionera contra la desertificación. Corporación Nacional Forestal. Cordovez 281. La Serena, Chile.
- Steel, G. D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill, New York. USA.
- 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. Canada.
- Stublendieck, J. 1981. North American range plants. 1<sup>st</sup>. Ed. Natural Resources Enterprises, inc. Nebraska. USA. 305 pp.
- Szabolcs, I. 1994. Prospects of soil salinity for the 21<sup>st</sup> century. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil. *Sci Soc* (1):123-141.
- Tanji, K. K. 1990. Nature and extent of agricultural salinity. *Agricultural Salinity Assessment and Management* (Tanji, K.K., ed.). Amer. Soc. Civil Eng., ASCE. Manual and Reports on Engineering Practice N°. 71, ASCE, New York. pp. 1-17.



- Tejera, N.A., Soussi, M. and Lluch, C. 2006. Physiological and nutritional indicators of tolerance to salinity in chickpea plants growing under symbiotic conditions. *Environmental and Experimental Botany*. (58). 17-24 .
- 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.
- Umali, D. L. 1993. Irrigation induced salinity technical. World Bank. Washington, DC. Paper No. 215. 3-25.
- Ungar, I. 1983. Antecological studies with *Atriplex triangulares willdenow*. Proceeding – Symposium on the biology of *Atriplex* and related *Chenopods*; Ogden, UT: USA. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range. Experimental Station. 40 – 52 p.
- Ungar, I. 1996. Effect of salinity on seed germination, growth, and ion accumulation of *atliplex patula* (*Chenopodiaceae*). *American journal of Botany*, 83: 604 – 607.
- United States Salinity Laboratory Staff (USSLS). 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaly soils. United States Department of Agriculture. Handbook 60. Washington, D.C., USA. 160 p.
- Vásquez, R. B. 2009. Influencia de la salinidad sobre el suelo. INEA. En línea: <http://www.inea.uva.es/web/materiales/web/riego/anuncios/trabajos/la%20salinidad.pdf>. Consulta: Enero 2009.
- Villares, J. 1979. Atlas de malas hierbas: Volúmenes I. 1ª. Ed. Ediciones Mundi Prensa. España.

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.