

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS Y NIVELES DE SALES
SOBRE LA GERMINACIÓN DE PINO (*Pinus greggii*)**

Por:

APOLINAR JIMENÉZ ANDRÉS

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener del Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México,
Marzo de 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS Y NIVELES DE SALES
SOBRE LA GERMINACIÓN DE PINO (*Pinus greggii*)**

Por:

APOLINAR JIMENÉZ ANDRÉS

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener del Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Marzo de 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS Y NIVELES DE SALES SOBRE
LA GERMINACIÓN DE PINO (*Pinus greggii*)

Presentado por:

Apolinar Jiménez Andrés

Tesis.

Que somete a Consideración de H. Jurado Examinador como Requisito
Parcial para Obtener el Título de:

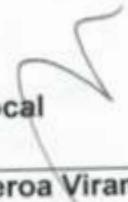
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobado:

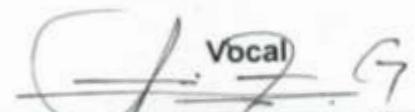
PRESIDENTE DEL JURADO


Dra. Manuela Bolívar Duarte

Vocal


Dr. Uriel Figueroa Viramontes

Vocal


M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez
Universidad Agraria "ANTONIO NARRO"

CORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA


Dr. RAÚL RODRÍGUEZ GARCÍA

Coordinación de
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila México

Marzo de 2010

INDICE

INDICE DE CUADROS.....	Vii
INDICE DE GRAFICAS.....	Viii
RESUMEN.....	Xii

I.-INTRODUCCION

Justificación.....	4
Objetivos.....	4

II.- REVISIÓN DE LITERATURA.

Descripción Botánica.....	5
Descripción de la Especie.....	5
Descripción Geográfica.....	6
Importancia del Pinus greggii.....	6
Ecología de la Especie.....	7
Aspectos Generales de la Especie.....	9
Semillas.....	9
Germinación.....	10
Proceso de la Germinación.....	11
Requerimientos Para la Germinación.....	12
Factores Ambientales que Influye en la Germinación.....	12
La Salinidad en México.....	13
Factores que Favorecen el proceso de Salinización.....	14
Conductividad Eléctrica.....	15
Efecto de la Salinidad en la Germinación.....	15
Efecto de la Salinidad Sobre las Plantas.....	17
Efecto del Cation Sodio (Na) ⁺	17
Efecto del Cation Magnesio (Mg) ⁺⁺	18
Efecto del Cation calcio (Ca) ⁺⁺	19
Efecto del Cation cloro (Cl) ⁺	19

III.- MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Experimento.....	20
--------------------------------	----

Materiales Utilizados.....	20
Variables Evaluadas.....	23
Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	24

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

Germinación Fisiológica.....	26
Plántulas Normales.....	30
Plántulas Anormales.....	34
Semillas Muertas.....	38
Longitud de Hipocotíleo.....	41
Longitud de Raíz.....	43
Peso Seco.....	46

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Resumen de características de las poblaciones de <i>Pinus greggii</i> del centro y norte del país.....	6
Cuadro 3.1. Cuadro de concentración de valores para la preparación de los tratamientos con sales.....	21
Cuadro 4.1. Porcentaje de germinación fisiológica de <i>P.greggii</i> bajo tres condiciones de sales a 4 concentraciones.....	29
Cuadro 4.2. Porcentaje de plántulas normales de <i>P. greggii</i> bajo cuatro concentraciones y tres de sales.....	31
Cuadro 4.3. Análisis de varianza de las plántulas normales.....	32
Cuadro 4.4. Comparación de medias entre testigo y tratamiento para Variables de plántulas normales.....	32
Cuadro 4.5. Porcentaje de plántulas de <i>P.greggii</i> bajo cuatro concentración y tres tipos de sales.....	35
Cuadro 4.6. Análisis de varianza de la variable de plántulas anormales.....	36
Cuadro 4.7. Comparación de medias y tratamientos y el testigo de la variable de las plántulas anormales.....	36
Cuadro 4.8. Porcentaje de semillas muertas de <i>P. greggii</i> bajo cuatro concentraciones y tres tipos de sales.....	39
Cuadro 4.9. Tabla de comparación de medias de tratamientos y el testigo para la variable semillas muertas.....	40
Cuadro 4.10. Análisis de varianza para la variable longitud de hipocotíleo.....	41
Cuadro 4.11. Tabla de comparación de medias de tratamientos para la variable longitud de la hipocotilo.....	42
Cuadro 4.12. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz.....	44
Cuadro 4.13. Comparación de medias para la variable longitud de la raíz..	44

Cuadro 4.14. Muestra el análisis de varianza para la variable peso seco donde se encuentre diferencias altamente significativa entre los tratamientos.....	46
Cuadro 4.15. Tabla de comparación de medias de tratamientos para la variable peso seco.....	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Germinación Fisiológico de pino (<i>P. greggii</i>) a diferentes Concentraciones de NaCl.....	26
Figura 4.2. Germinación Fisiológico de pino (<i>P. greggii</i>) a diferentes concentraciones de MgCl ₂	27
Figura 4.3. Germinación Fisiológico de pino (<i>P. greggii</i>) a diferentes concentraciones de CaCl ₂	29
Figura 4.4. Porcentaje de plántulas normales de <i>P. greggii</i> con tres tipos de sales a diferentes concentraciones.....	30
Figura 4.5. Comparación de medias entre los tratamientos y el testigo para la variable plántulas normales.....	33
Figura 4.6. Porcentaje de plántulas anormales de <i>P.greggii</i> con tres tipos de sales a diferentes concentraciones.....	34
Figura 4.7. Grafica de la comparación de medias entre los tratamientos y el testigo para plántulas anormales.....	37
Figura 4.8. Porcentaje de semillas muertas con tres tipos de sales y diferentes concentraciones.....	38
Figura 4.9. Grafica de la variable de semillas muertas, comparando los tratamientos con respecto el testigo.....	40
Figura 4.10. Grafica de la variable longitud de hipocotílo.....	43
Figura 4.11. Grafica de la variable longitud de la raíz para cada tratamiento.....	45
Figura 4.12. Grafica que muestra la variable peso seco para cada tratamiento.....	47

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios Nuestro Señor por darme la oportunidad de vivir y concluir esta etapa de la vida e iluminar mi existencia desde el cielo, gracias Dios por darme unos padres maravillosos y unos hermanos que admiro y quiero mucho y sobre todo por dejarme terminar mis estudios en la gloriosa Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Con cariño a mi “**ALMA MATER**”, por haberme cobijado durante cuatro años y medio, por darme todas las herramientas en el conocimiento de la agronomía.

Agradezco al Departamento de Riego y Drenaje por formar parte de su leyenda y tradición en la formación de excelentes profesionistas para el agro mexicano y a todo el personal de docencia que la forman como el mejor departamento de la UAAAN.

Con profunda admiración y respeto a la **Dra. Manuela Bolívar Duarte** por darme la confianza, por compartir conmigo sus conocimientos y su valioso tiempo para realizar este trabajo. Gracias Dra. Que Dios la Bendiga a usted y a su familia.

Expreso mi profundo agradecimiento al **M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez** por confiar en mí y por la oportunidad de brindarme para realizar este trabajo, por su magnífica asesoría y por su gran apoyo para la culminación de la tesis.

Agradezco de manera especial al **Dr. Uriel Figueroa V.** por su valioso apoyo brindado en la realización de este trabajo.

A la **T.L.C. Sandra Luz García V.** por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

Con todo mi amor y respeto a mis padres

Bonifacio Jiménez Salvador

Y

María Candelaria Andrés de Jesús

Por todo el amor, apoyo y esfuerzo que me han brindado para realizarme como persona y poder lograr mis metas, por ser las personas que admiro y respeto los cuales me dieron la vida, que Dios me los bendiga.

A mis Hermanos:

A los Ings. Juan y Bonifacio, al Profr. Bonifacio. Por toda la admiración que les tengo, por el ser humano tan grande que son, les agradezco que siempre estén conmigo, por su apoyo incondicional. A ti **Candy**, por ser la más pequeña de la familia y por tu ternura. Gracias a ti, **Rosa, Braulia**, por el apoyo moral que me brindaron en todo momento. Dios los bendiga.

A mis cuñados(a) Mariano Andrés, Miguel Hernández, María de los Ángeles y Sofía Gonzales que depositaron su confianza en mí y compartir momentos inolvidables con ellos.

A mis Sobrinos Juan Manuel (Tito), José Julián (Chaneque) y Marianito, Brenda, Fátima, Lorena, Itzel, Braulia, Fernandita y a los peques Santy y Dany los quiero mucho y más que sobrinos son como mis amigos por ser la alegría de la familia.

A MIS AMIGOS(A):

Jesús Galileo, Eliezer, Caamal, Iván Valdés, Eder Emmanuel, Rufho, Iván Flores, Javier Andrade, Claudio, Remedios, Yolanda, Esmeralda, Uzías, José Luis (Chachidin), Pablo, Azucena, Daniel, Irmin, Homero. Julio, Rosember, y Gildardo, les deseo lo mejor en esta vida y Dios bendiga sus vidas.

A mis mejores grandes amigos de la carrera: Marcos M (oso), Jorge A. (koki), Areli (wera). Y no puedo ir sin antes decirles, que sin ustedes no lo hubiera logrado, tantas desveladas sirvieron de algo y aquí está en fruto. Les agradezco a ustedes con toda mi alma el haber llegado a mi vida y el compartir momentos agradables y momentos tristes, pero esos momentos son los que nos hacen crecer y valorar las personas que nos rodean. Los quiero mucho y nunca los olvidare amigos del alma.

A mis compañeros de la prepa: Emanuel, José Antonio, Orlando, Ángel. Elías, Gabriel Juan, Gabriel Reyes, Manuela Marcos, Juana ortega, Inés Moreno, Juana de Jesús, Gonzalo, Lorenzo, Fernando, Kenia y Claudia. Por animarme a estudiar, por ser las personas en quien puedo confiar y que me han ayudado en cada momento difícil de mi vida y a todos aquellos que omití sus nombres, gracias.

Quiero mencionar de manera muy especial a **Melquiades y Doña Toñita** que sin conocerme me dieron su amistad en todo momento en las buenas y en las malas de manera incondicional y la confianza sin pedirme nada a cambio y que Dios los bendiga a ustedes y a su familia.

Es la hora de partir, la dura y fría hora que la noche sujeta a todo horario.

(Pablo Neruda)

RESUMEN

La salinidad de los suelos en México y en el mundo es un problema que afecta a los cultivos. Esta problemática se presenta por factores como el uso de agua de riego de mala calidad y un mal drenaje. La salinidad limita a los cultivos desde la germinación, ya que influye sobre los procesos fisiológicos reduciendo así el porcentaje de semillas germinadas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres tipos de sales ($MgCl_2$, $CaCl_2$, y $NaCl$) en la germinación de la semilla de pino (*pinus greggii*) con cinco niveles diferentes de salinidad ($3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, $5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, $7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ y el testigo).

En el presente trabajo se consideraron las variables plántulas normales y anormales, semillas sin germinar. El modelo estadístico fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×4 con un tratamiento extra.

De acuerdo a los resultados obtenidos la sal que presentó mejor germinación fisiológica fue $CaCl_2$ con $3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$; seguida de $MgCl_2$ a $5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. La sal con la que se presentó un mayor porcentaje de plántulas normales fue $MgCl_2$ a una concentración de $7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$; seguida de $CaCl_2$ a una concentración de $3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. $NaCl$ a una concentración de $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ presentó el mayor número de plántulas anormales. Para la longitud de raíz las sales que presentaron mayores valores fueron $NaCl$, a $5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, seguido de $MgCl_2$ a $5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Para el peso seco se observó que $CaCl_2$ a $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ seguido $NaCl$ a $7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ fueron los mejores. En las semillas muertas, el $NaCl$ a una concentración de $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ fue la que presentó mayor porcentaje. Para la variable de hipocotilo tenemos que $NaCl$ presentó un buen vigor a una concentración de $7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. El sodio favoreció el desarrollo de hipocotilo.

Los efectos causados por estas sales son: toxicidad y latencia, provocando anomalías e inhibiendo la germinación.

Palabras Claves: Germinación, Conductividad Eléctrica, Sales y *Pinus greggii*.

I.- INTRODUCCION.

Desde el inicio de la civilización del hombre ha hecho uso de los recursos naturales. Sin embargo, en décadas recientes ha sido demasiado el abuso de estos recursos provocando no sólo la escasez, sino además serias alteraciones al ambiente. Para contrarrestar éstas, se efectúan diversas acciones como por ejemplo, las plantaciones con fines comerciales, de conservación y de restauración etc., en las cuales se utilizan actualmente plantas nativas de calidad, por tal motivo, se hacen cada vez más necesario adquirir las técnicas y herramientas que aseguren la mayor supervivencia y rápido desarrollo de las plantas en el campo (Sandoval *et al.*, 2001).

A pesar de que los recursos forestales ocupan una gran extensión del territorio mexicano y que representan un recurso biológico y económico importante, estos no han podido ser conservados dentro de los márgenes de la legislación mexicana. En México, hoy en día, la tasa de deforestación es muy alta y dado a esto el sector forestal está atravesando por una crisis muy severa, en donde la producción de estos recursos ha caído y a su vez ha aumentado la importación de productos más baratos de otros países.

Las prácticas de producción y manejo de las plantas forestales, en invernaderos, tienen una gran ventaja para adquirir las características morfológicas y fisiológicas encontradas, ya que tiene un rápido desarrollo inicial y se trata de simular al ambiente donde se hará la plantación (Sandoval *et al.*, 2001). La influencia de los sustratos sobre la germinación de las semillas de las especies forestales ha tenido una atención especial en encontrar el óptimo para cada una de ellas. En forma general, un sustrato es aquel que garantice altos porcentajes de mejora a la calidad de la planta, y que a su vez, presente una menor pérdida por factores adversos durante el proceso germinativo (Aparicio *et al.*, 1999).

Los componentes que debe de contener un sustrato deberán de ser seleccionados de manera que estén en base a su funcionalidad, costos, facilidad de manejo, ausencia de semillas de las hierbas y de insectos o patógeno (Ansorena, 1994).

Se dice que la germinación de las semillas se encuentra fuertemente influida por las características físico-químicas del sustrato empleado, ya que va a favorecer o dificultar la germinación y el crecimiento (Aparicio *et al.*, 1999).

Para producir plántulas robustas y vigorosas es necesario tener un sustrato que suministre las características necesarias que se requieren para su desarrollo, para lo cual debe de mantenerse como un factor fijo, es decir, que sus propiedades físicas, químicas y biológicas no cambien, esto es con el fin de establecer un manejo adecuado del recurso (Bures, 1994).

En la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos, y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, el tiempo, el sistema de propagación, precio, la disponibilidad y las características propias de cada sustrato (Calderón, 2007).

En el ámbito forestal, la irrupción de este modo de cultivo es relativamente reciente, al contar con el bagaje de conocimientos y experiencias acumulados por los profesionales de las distintas ramas de la agronomía y de este modo, una vez conocidos los fundamentos técnicos del cultivo, únicamente se han tenido que modificar ciertas características relacionadas con las exigencias de las nuevas especies (Peñulas *et al.*, 2000).

La salinidad de los suelos en México y en el mundo es un problema que afecta notablemente a los cultivos, cada vez que se va incrementando y que vamos a tener que aprender a convivir con ellos. Esta problemática se presenta por factores como el uso de agua de riego de mala calidad y un mal drenaje.

El problema de salinidad se presenta en zonas áridas y semiáridas y más de 50 por ciento de nuestro país está comprendido por dichas zonas (Gutiérrez et al., 1988)

A través de los años muchos de los suelos salinos se han erosionado por el agua y por el aire, a esto se suma la mala calidad de agua de riego que han dado como resultado suelos con problemas de sodicidad y salinidad.

La salinidad limita a cultivos forestales desde la germinación ya que influye sobre los procesos fisiológicos reduciendo el porcentaje de semillas germinadas. Por ello en este trabajo se busca evaluar el efecto de salinidad en la germinación y emergencia de la semilla de *Pinus greggii*.

Justificación

Un problema en la producción de *Pinus greggii* es la falta de emergencia uniforme y total de semillas, ya que en los suelos predominan condiciones subóptimas como son altas y bajas temperaturas, estrés hídrico, y excesos de salinidad, etc.

Las planas sometidas a salinización son afectadas desde la germinación hasta estados avanzados del desarrollo. En el caso de las semillas se reduce la velocidad de imbibición de la misma y por ende se presenta una disminución en la velocidad de la germinación, debido al efecto osmótico.

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. (Saavedra, 2007).

Objetivo

Evaluar el efecto de tres tipos de sales ($MgCl_2$, $CaCl_2$, y $NaCl$) en la germinación de las semillas de pino (*Pinus greggii*) con cinco niveles diferentes de salinidad (Testigo, $3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, $5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, $7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$).

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1.1 Descripción botánica

Reino: Vegetal

Clase: Metaphyta

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: Pinus

Especie: greggii

2.1.2 Descripción de la especie

Martínez (1948) describe esta especie como: árbol de 10 a 15 metros de altura, éste tiene corteza de color grisácea y es lisa en su forma juvenil, pero ya maduro es áspera y de color oscura, su follaje es erguido y este a su vez puede estar en toda la ramilla; las hojas son comunes en grupos de tres y miden alrededor de 7 a 14.5 cm. de largo. Estas son ásperas y estrechas en forma triangular, de color verde claro brillante, sus bordes son aserrados, con denticillos cortos; las vainas son persistentes y llegan a medir unos 14 mm. Pero las vainas viejas con frecuencia se desgarran y llegan a caerse.

Los conos son fuertes y tenazmente persistentes, son duros, sésiles, de forma oblonga-cónica, son oblicuos y algo encorvados, su color es ocre y brillantes; están colocados por lo general en pares o ya sea en grupos de 5 a 8 conos, estos por lo regular miden unos 10 cm. y en ocasiones pueden llegar a medir hasta los 15 cm; la semilla es oval, de color oscuro y en promedio mide 6 mm., su ala mide de 20mm de largo por 7 mm de ancho; la madera es ligera, de color blanco o ligeramente amarillento.

2.1.3 Distribución Geográfica

Martínez (1948) lo reporta para los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luís Potosí, y el Norte y Noreste de Hidalgo. Pero en los estados de Guanajuato y Querétaro se sitúan pequeños manchones los cuales sobrepasan los 2200 m.s.n.m. (Rzedowsky, 1978).

La altitud en la que se distribuye *Pinus greggii* es variante ya que lo podemos encontrar desde los 1400 m, hasta los 3000 m.s.n.m como su máxima altitud; pero cabe destacar que la altitud optima de desarrollo de este es a los 1850 m. s. n. m. (Aguilera, 2001).

Cuadro 1.1. Resumen de características de las poblaciones de *Pinus greggii* del centro y norte de país (Donahue y López, 1999).

Características	Var. Greggii	Var. Australis
Hojas		
Posición	Erectas	Frecuentemente colgantes
Rigidez	Duras	Flexibles
Color	Verde claro	Verde amarillento
Largo (cm)	7 – 12	10 – 15
Numero de estomas	34 – 36	36 – 41
Canales resiníferos internos	Ausentes	Algunas veces 1 a 2
Longitud de alas	5.5 - 6.4	6.0 – 6.7

Chávez (1994), menciona que *Pinus greggii* se encuentra en elevaciones que van desde los 1280 a 2550 m.s.n.m., se encuentra en suelos montañosos con pendientes del 75 por ciento. Esta especie se puede localizar en climas subtropicales, con precipitaciones que van de 700 a 1500 mm. Estos siendo los más frecuentes, la temperatura media anual donde se distribuye de 16.8 °C, con extremas máximas de 45 °C y mínimas de -9 °C.

Las poblaciones del Norte del país ocupan pequeñas superficies en áreas como laderas y cañadas semiabiertas, con exposiciones SW y SE (Eguiluz, 1978). La mayoría de las poblaciones distribuidas en el norte del país, se encuentra ubicadas a lo largo de los cañones de las sierras en pequeñas distancias entre ellas (Dvorak et al., 1995). Se desarrolla en áreas donde la precipitación varía de 500 a 2900 mm anuales, siendo más frecuentes de 700 a 1500 mm; en donde las lluvias están repartidas en los meses de mayo a octubre, siendo julio y agosto los meses más lluviosos y marzo el mes más seco, por lo que la temperatura promedio reportada para la región norte 16.8° C, con extremas máximas de 45° C y mínimas de -9° C. los meses cálidos se encuentran de marzo a julio y los más fríos en invierno, en los meses de noviembre y diciembre tiempo en el que puede presentarse varias heladas (Eguiluz, 1978).

2.1.4 Importancia de *Pinus greggii*

Es una especie que ha logrado importancia a nivel nacional e internacional en países como Brasil, Colombia, México, Nueva Zelanda, el Sur de África y Zimbabwe (Dvorak et al., 1995). Actualmente se considera importante por su plasticidad genética para adaptarse en los suelos pobres, erosionados, con poca profundidad y materia orgánica, por lo cual se ha recomendado su uso en programas de producción, recuperación de cuencas hidrológicas y áreas degradadas, debido que muestra adaptación al igual que rápido crecimiento en terrenos con tales condiciones. Ha demostrado tolerancia a sequía así como resistencia a ciertas plagas y enfermedades forestales.

Además tiene gran potencial para usarse en programas de mejoramiento genético dado que presenta floración precoz, producción de abundante de semillas a temprana edad y rápido crecimiento (INIFAP, 2003). Se ha encontrado otros beneficios como producción de árboles de navidad (Prieto y Merlín, 2000), reproducción asexual por injerto, acodo y estacado (Becerra y Plancarte, 1993), plantas ornamental en parques y campos deportivos abiertos (Eguiluz, 1978).

Aunque la especie no se encuentra clasificada en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT, 2001) bajo algún estatus de conservación, la Cooperativa de Recursos Genéticos de México y América Central (CAMCORE) considera que sus poblaciones tiene algún grado de amenaza, razón por la cual se le ha incluido en programas actuales de conservación genética *ex situ* con la alta prioridad (Eguiluz, 1978).

La madera de este pino se destina para aserrío en su mayor parte, aunque también se usa para durmientes y pilotes para minas, vigas y postes para cercas, muebles y leña para combustible. Produce poca resina y normalmente no se le explota; se le ha observado buena adaptación en suelos degradados, en donde se ha utilizado para reforestaciones para recuperar suelos erosionados. Es una especie ornamental, recomendándose para parques y campos deportivos abiertos (Chávez, 1994).

Pinus greggii se considera importante para adaptarse en suelos pobres, erosionados, con poca profundidad y materia orgánica, por lo cual se ha recomendado su uso en programas de protección, recuperación de cuencas hidrológicas y áreas degradadas, debido a que muestra adaptación al igual que rápido crecimiento en terrenos con tales condiciones; ha demostrado tolerancia a la sequía como resistencia a plagas y enfermedades forestales; además tiene un gran potencial para usarse en programas de mejoramiento genético, dado que, presenta floración precoz producción de abundante semilla a temprana edad y rápido crecimiento (Curiel, 2005).

El fuego es un factor ecológico que favorece a esta especie ante la competencia prevalece la especies que son susceptibles al mismo; el calor del fuego y las altas temperaturas prevalecientes durante la época de sequía, favorecen a la apertura de sus conos serótinicos, y las áreas incendiadas son una excelente cama para la semillas de esta especie (Dante, 1996).

2.1.6 Ecología de la especie

A este pino se la atribuyen en poblaciones aisladas a lo largo de la Sierra Madre Oriental, en zonas áridas y a veces semitropicales. Actualmente se reconocen dos especies taxonómicas, *P. greggii* var. *greggii*, que habita en la porción Norte del área de distribución de la especie, y *P. greggii* var. *australis* en el Sur, éstas sin traslapes; por lo tanto, en los ecosistemas forestales donde se desarrolla, diversas plantas herbáceas y arbustivas dependen del ambiente que genera este árbol (Ramírez et al, 2005).

Aspectos generales sobre reproducción sexual

2.2.1. Semilla

La semilla constituye la base de la repoblación, y el éxito de la misma dependerá en gran parte de la capacidad de sus genotipos. Estos son acordes a la zona a repoblar, con el objeto de asegurar la supervivencia y la adaptación de las plantas obtenidas (Peñulas y Ocaña., 2000).

Lara (1994) menciona a la semilla como un producto de la fecundación del ovulo en el ovario de la flor por parte del polen procedente de las anteras ubicados en el mismo árbol o en el mas cercano cuya especie sea la misma.

Las características más frecuentes en la semilla son: tamaño, forma, peso, y que sea lo más homogénea posible (Sandoval *et al.*, 2001). Además se evalúa en las semilla la pureza, el contenido de humedad y el vigor para germinar (Mápula, *et al.*, 1996).

La semilla es el ovulo maduro y fertilizado, que está formado por una cubierta o testa que protege a las partes internas, el endospermo o tejido de reservas de alimento, que en muchas semillas rodea a los cotiledones y al embrión (Padilla, 2004).

La calidad de la semilla es un concepto aplicable a diferentes propiedades de las mismas; entre otras con su capacidad para dar lugar rápidamente a plántulas de crecimiento vigoroso y de aspecto normal (Peñulas Ocaña, 2000).

2.2.2. Germinación

Lara (1994) define a la germinación como el brote y desarrollo de las estructuras esenciales del embrión, que en la clase de semilla de que se trate indica la capacidad para poder producir la planta normal en condiciones favorables.

Consiste en el reinicio del crecimiento del embrión y su sucesivo desarrollo en una plántula independiente; al comenzar este proceso germinativo, toma lugar, el primero de la serie de eventos destinados a convertir el pequeño embrión en un árbol de gran tamaño (Niembro, 1986).

La germinación se define como el surgimiento y desarrollo a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de ésta para reproducir una planta normal en condiciones favorables (Peñulas Ocaña, 2000).

Niembro (2006) menciona que el tiempo que requiere la semilla del género *Pinus* para germinar varía de acuerdo con la especie, aunque puede decirse que se efectúa en un período de 12 a 30 días, pero Czabator (1962) señala que las reglas internacionales para evaluar la semilla que las especies de árbol prescriben es de 28 a 90 días como el período de prueba para las diferentes clases de pino.

2.2.3. Proceso de la Germinación.

La germinación requiere de tres condiciones importantes (Hartmann y Kester, 1988):

- La semilla debe de ser viable, nos indica que el embrión debe de estar vivo y en condiciones para ser capaz de germinar.
- La semilla no debe permanecer mucho tiempo almacenada por lo que pierde su capacidad de germinar.
- La semilla deberá estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas, como son: la luz, el agua, la temperatura; las cuales son las más importantes para desarrollar este proceso.

La germinación puede llegar a su término cuando el embrión se ha convertido en una plántula independiente y esta a su vez pueda sintetizar su propio alimento (Krugman y Jenkinson, 1974).

La germinación termina cuando la semilla se ha convertido en una plántula, que está a su vez es capaz de sintetizar su propio alimento (Lara, 1994)

2.2.4 Requerimiento para la germinación.

Viabilidad de las semillas. Es el periodo de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Este un periodo variable y depende del tipo de semillas y de las condiciones de almacenamiento. Salisbury y Ross (1994) reporta que la viabilidad de la semilla se pierde a menudo con más rapidez si las semillas se almacenan en aire húmedo y en temperaturas de 35°C o más cálida. Parte de las pérdidas, quizá se deba a organismos patogénicos internos.

Maduración de la semilla. Las semillas de casi todas las especies son capaces de germinar antes de su maduración fisiológica (Copeland y McDonald 1985).

2.2.5 Factores Ambientales que Influye en la germinación

Agua. La proporción de agua que requieren algunas semillas de coníferas para germinar va de acuerdo a la especie. De manera general, un suelo o sustrato que contenga en promedio un 40 por ciento de humedad es adecuado para que germinen la mayoría de las semillas de las coníferas; un exceso de humedad en el sustrato puede ocasionar que la mayoría de las semillas no germinen a causa del escaso oxígeno, que es importante en este proceso fisiológico (Niembro, 1986).

Aireación. Son aquellos gases que en el medio de la germinación pueden afectar a las semillas son el oxígeno, el dióxido de carbono y posiblemente el etileno. La provisión de oxígeno se ve afectada seriamente por un exceso de agua en el medio. Los semilleros mal drenados especialmente de una lluvia o riego copioso, puede tener sus poros saturados de agua que hay habiendo oxígeno para las semillas (Hartmann y Kester, 1989).

Temperatura. El sustrato o suelo es uno de los factores principales ya que ejerce un importante efecto en la germinación, el desarrollo y crecimiento de la plántulas (Niembro, 1986).

Debe señalarse que las semillas pueden ser afectadas por las temperaturas máximas o mínimas en periodos estacionales (Hartmann y Kester, 1989).

Luz. Desde hace tiempo se sabe que la luz puede estimular o inhibir la germinación de las semillas de algunas plantas (Hartman y Kester, 1989). El efecto de la luz sobre las semillas depende de condiciones internas de estas y de algunos factores externos como la temperatura bajo la cual germinan (Krugman y Jenkinson, 1974).

La Salinidad en México

En México este problema se incrementa progresivamente con el mal uso de los fertilizantes y el mal manejo del agua de riego. Esta problemática comienza a tener consecuencia grave en zonas del Golfo de México. Actualmente en México existen de 80 a 1 millón de hectáreas con diferentes grados de salinidad tanto en zonas naturales, temporal como de riego; en estas últimas se estima que aproximadamente 5 millones de hectáreas están bajo un proceso de salinización (Feuchter, 2002).

El problema de salinidad se presenta fundamentalmente en las zonas áridas con riego y a lo largo de la costa. Los lugares donde se observa con más frecuencia son las cuencas cerradas que a través de miles de años, han acumulado paulatinamente sales en el perfil del suelo. Se estima que la superficie afectada es del orden de 1 millón de ha.

En México los estudios sobre la salinidad han adquirido mucha importancia, debido a que en las regiones que inicialmente se abrieron a la agricultura, no se cuidó el manejo del agua, suelo, y cultivo, para garantizar niveles permisibles de salinidad a lo largo plazo, originando que en la actualidad del total de hectáreas de riego abiertas al cultivo, más de 30 por ciento tengan problemas de sales en diferentes grados, ocasionando una baja en productividad, las características químicas de los suelos salinos quedan determinadas principalmente por el tipo y cantidad de sales que se presentan. La cantidad de sales presentes controla la presión osmótica de la solución del suelo y casi siempre los suelos salinos se encuentran floculados debido a la presencia de un exceso de sales y a la ausencia de cantidades significativas de sodio intercambiable, teniendo como consecuencia que la permeabilidad es igual o mayor a la de suelos similares no salinos (Guerra, 1993).

Factores que Favorecen el Proceso de Salinización

(De la Peña, 1980) menciona que el proceso de salinización de un suelo está condicionado por:

Aguas de mala calidad. El uso de aguas salinas apresura el proceso de salinización máxima y se presenta cuando los riegos se aplican sin las correspondientes láminas de requerimiento de lavado que sirven para arrastrar las sales a través del perfil y sacarlos de zonas radical.

Mal drenaje. Se presenta cuando la permeabilidad es baja por causas de las arcillas finas y capas cementadas con carbonatos de calcio o sílice que facilitan la formación de mantos freáticos elevados.

Aguas freáticas superficiales. Cuando estas aguas son estáticas y con altos contenidos salinos se favorece el proceso de salinización con el ascenso capilar de las sales.

El clima. Un porcentaje alto de evaporación y bajas precipitaciones evitan el lavado natural de las sales, por ellos se acumulan más rápido.

Topografías. La topografía accidentada, las variaciones geológicas y edafológicas facilitan la formación de acuíferos y represamientos superficiales que incrementan el proceso de salinización.

Conductividad Eléctrica

Es la facilidad que tienen algunos cuerpos sólidos o líquidos de transmitir la electricidad cuando se establece un circuito. En una solución el transporte de la electricidad se lleva a cabo por los iones de las sales disueltas, dado que los iones tienen capacidad para transmitir la corriente eléctrica. La conductividad eléctrica (CE), está íntimamente correlacionada con la suma de iones o cationes que se determinan químicamente y con los sólidos totales disueltos (De la Peña, 1980).

Efecto de la Salinización en la Germinación

Aceves (1979), encontró que bajo condiciones de salinidad, uno de los principales problemas es obtener un porcentaje de germinación. También nos dice que los 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 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 las zonas de las raíces en etapas posteriores del desarrollo.

La salinización produce una disminución de germinación en el porcentaje de semillas germinadas y un aumento en el tiempo de germinación y emergencia, así como una disminución de la tasa de imbibición (Guerra, 1993).

Estas condiciones deben considerarse, ya que si el porcentaje de germinación es bajo, el cultivo puede fracasar. Estudios de laboratorio reportan que se ha considerado el brotamiento de la radícula y coleoptilo de la cubierta de la semilla, como criterio para la germinación. Con este criterio se ha considerado que la germinación ha ocurrido después de un día de la plantación.

Estas mismas consideraciones se han usado en pruebas de germinación para medir la tolerancia a las sales. Esto puede conducir resultados erróneos ya que desde punto de vista agronómico la germinación se considera realizada cuando la plantas afloran a la superficie del suelo, lo cual a veces no ocurre en suelos, con sales, en los que las semillas producen raíces y parte del coleoptilo y esta nunca aparece en la superficie del suelo. Existen tres etapas en el proceso de germinación en las cuales las sales pueden tener influencia, como lo menciona Aceves (1979).

Estas etapas son: etapa heterotrófica, transición y autotrófica.

Etapas heterotrófica. Esta etapa ocurre desde la imbibición de la semilla hasta la iniciación de la fotosíntesis y durante ella, la plántula se alimenta de las reservas del endospermo de la semilla.

Etapas de transición. En ésta se inicia el desarrollo de la plántula, la cual se alimenta de compuestos orgánicos complejos obtenidos del remanente del endospermo y productos fotosintéticos.

Etapas de autotrófica. Esta etapa ocurre después de que la plántula ha consumido completamente el endospermo y su alimentación depende completamente de los productos fotosintetizados por ella misma.

El mismo autor señala que las etapas en las cuales la semilla es más sensible a la salinidad en la heterotrófica y autotrófica, ya que en la primera puede inhibirse la imbibición del agua por las sales. Si esto ocurre no hay germinación.

En la segunda, es cuando la planta consumió todas las reservas del endospermo y tiene que obtener nutrientes del suelo conjuntamente con sales, las que puede ocasionar su muerte. Por ello se recomienda hacer algunas prácticas de manejo para asegurar un alto porcentaje de germinación bajo condiciones de ensalitramiento, que son: aumentar la dosis de semilla por hectárea, ya que esto compensara la reducción en el porcentaje de germinación; sembrar en seco y luego regar; esto permite que la semilla permanezca mayor tiempo en contacto con un contenido de agua elevada o sea una solución diluida y como consecuencia se tendrá mayor porcentaje de germinación. Otras medidas de manejo recomendables para asegurar que la planta no muera en las primeras etapas de su desarrollo, sería tomar en cuenta el tipo de suelo, método de riego, clima, condiciones de drenaje y todos los factores que contribuyen a la acumulación de sales en las capas superficiales del suelo.

Efecto de la Salinidad sobre las plantas

Los suelos salinos por lo general, contienen más del 2 por ciento de sales solubles, originado una presión osmótica que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas.

El efecto de las sales sobre las plantas y los suelos son muy variados, manifestándose en forma diferente, de acuerdo con el cultivo y el tipo de sal de los cuales están formados por los iones calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruro, sulfato, carbonatos y bicarbonatos (Guerra, 1993).

Efecto del catión sodio (Na)⁺

Según Chapman (1973), el sodio juega un papel importante en la relación suelo-planta, particularmente en zonas áridas y semiáridas. El sodio es benéfico para el crecimiento de algunas plantas. Muchas de ellas que incluyen sodio desde sus retoños acumulan cantidades considerables en sus raíces. El mecanismo de exclusión puede estar relacionado al proceso por el cual los iones son transferidos por fluidos del xilema.

En las soluciones nutritivas los síntomas de deficiencia de sodio son: el paro de crecimiento, amarillentos de hojas jóvenes y en pequeñas cantidades, el desarrollo de áreas blancas necróticas a lo largo de las puntas y bordes de los cotiledones y hojas viejas.

Nierma (1962) citado por (Estrada, 1995) experimento en invernadero con 12 especies de plantas irrigadas con solución nutritiva a las que se les adicionan NaCl para producir 1, 2,3, y 4 atm de presión osmótica, observo e efecto de los potenciales osmóticos generando algunos factores del crecimiento, evaluadas en las partes superiores frescas de las plantas. Dicho autor reporta que las especies tolerantes presentan una variación muy pequeñas comparada con las plantas desarrolladas en soluciones nutritivas testigo, mientras que especies sensibles observan una severa depresión y muerte. Así mismo, señala que el NaCl ocasiona disminución considerable de la actividad fotosintética por unidad de área. Finalmente observó que la respiración de las hojas más sensibles al NaCl y tuvieron una tendencia a incrementarse en ambas especies tolerantes a la salinidad.

Efecto del Cation Magnesio (Mg^{++})

Meiri (19969), señala que es conocido el efecto de este ion sobre el crecimiento de las plantas ya que influye fuertemente e la reducción de Ca^{++} , provocando así, deficiencia. Cuando altas concentraciones de Mg^{++} se combinan con altas concentraciones de Ca^{++} , no ocurre el efecto de ion específico.

El magnesio es el único elemento contenido en la clorofila, necesario para la formación de azúcar, ayuda a la asimilación de otros nutrientes, actúa como transportador del fósforo dentro de la planta, promueve la formación de aceites y grasas y en cierta forma, corrige la acidez del suelo (Bolívar, 2006).

Efecto del Catión Calcio (Ca^{++})

Con el incremento del sodio y el decremento del calcio, las cantidades tóxicas de sodio pueden ser absorbidas por la planta; el sodio es absorbido más rápidamente por las plantas con bajos niveles de calcio (Chapman, 1973)

El mismo autor menciona que el calcio soluble es conocido como un requerimiento para el desarrollo normal de la raíz. El calcio es un componente estructural de la pared celular por lo tanto es fundamental para la formación de nuevas células. Por otra parte el calcio se encuentra de tal manera integrada en la pared celular que no es posible utilizar.

Efecto del Anión Cloro (Cl^+)

No han sido reportados efectos nutricionales que ocurran debido al cloro. La tolerancia de las plantas pueden ser hasta una acumulación de cuatro por ciento sin que las plantas muestren daño alguno (Meiri, 1969).

III. MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, éste se ubica geográficamente sobre coordenadas 25° 22' Latitud Norte y 101° 00' Longitud Oeste con una altura sobre el nivel de mar de 1743 m, localizado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Materiales Utilizados

Semillas. Para este estudio se emplearon la semilla de una variedad de pino (Pinos greggii) de la localidad de Monclova, Coahuila cual pertenece de la Región Norte del estado.

Sales. Se utilizaron tres sales. Cloruro de magnesio ($MgCl_2$), cloruro de calcio ($CaCl_2$) y cloruro de sodio ($NaCl$).

Los tratamientos fueron: T1 con ($CaCl_2$), T2 con ($MgCl_2$), T3 con ($NaCl$) y T4 (Agua destilada). Para esta prueba de germinación se emplearon tres tipos de sales cada uno con tres concentraciones diferentes y tres repeticiones cada tratamiento.

Cámara. Se utilizó la cámara de germinación de alta capacidad a una temperatura de 25°C.

Horno de secado. Se empleó un horno de secado para el peso a una temperatura de 65°C durante 24 horas.

Substratos. Como medios de germinación se usaron substratos de papel filtro dentro de la caja.

Preparación de las sales puras.

La cantidad de solutos requeridos para preparar las soluciones de las diferentes sales puras (Cuadro) se determinó usando las ecuaciones según Aceves (1979).

$$\text{ppm} = 640 (\text{CE} \cdot 10^3)$$

Donde ppm es la concentración de sales en las soluciones en partes por millón y $(\text{CE} \cdot 10^3)$ es la CE de extracto de saturación en mmhos/cm o $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$.

$$\text{meq/l} = 10 (\text{CE} \cdot 10^3)$$

Donde meq/l es la concentración en la solución, en miliequivalentes por litro.

$$\text{P.O.} = \text{CE} \cdot 0.36$$

Donde P.O es la presión osmótica requerida para preparar las soluciones para cada concentración osmótica, como se muestra en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.1. Cuadro de concentración de valores para la preparación de los tratamientos con sales.

CE	Sales		
	(CaCl ₂) g/100 ml	(MgCl ₂) g/100 ml	(NaCl) g/100 ml
dS.m ⁻¹			
3	0.165	0.141	0.174
5	0.275	0.235	0.29
7	0.385	0.329	0.406
9	0.495	0.423	0.522

Preparación de la semilla.

Las semillas fueron seleccionados de tamaño uniforme para la germinación de Pino (*Pinus greggii*). Cabe mencionar que estas semillas no se les hizo ningún tratamiento para su manejo de germinación.

Siembra.

- Se tomo en cuenta una muestra de 75 semillas, se hicieron tres repeticiones de cada uno de los tratamientos.
- Se colocaron las semillas en cajas petri con papel filtro, previamente humedecidas con los diferentes tratamientos.
- Las cajas petri ya sembradas se colocaron en la cámara de germinación a 25°C y se le aplico la solución cada tercer día.
- A los 14 días se hizo la evaluación anotando el número de plántulas normales y germinación fisiológica.
- Se tomaron las muestras para las mediciones de radículas y hipocotilo.
- Se llevaron a peso seco las plántulas normales, a una temperatura de 65°C por 24 horas y después se tomo el peso seco.

Variables Evaluadas

Germinación Fisiológica. Se considera semillas germinadas cuando su radícula emergió 0.5 cm (Michel, 1992).

Plántulas Normales. Aquellas plántulas que presentan las estructuras esenciales bien desarrolladas e indicativas de su habilidad para producir plantas normales bajo condiciones favorables (Moreno, 1976). Esta variable se midió cada siete días, durante el desarrollo de toda la prueba.

Plántulas Anormales. Son todas aquellas que no pueden ser clasificados como normales por tener alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales (Moreno, 1976).

Semillas Muertas. Estas semillas se registran al final de la prueba. Fueron aquellos que representaron incapacidades para germinar.

Longitud del Hipocotilo y Radícula. Las plántulas utilizadas para determinar la longitud del hipocotilo y radícula provinieron de las plantas normales y uniformes de la prueba de germinación estándar las cuales fueron 20 o las que germinaron por repetición: se midió la longitud del hipocotilo y radícula en cm con la ayuda de una regla graduada independientemente para cada tratamiento.

Peso Seco de la plántula. Las mismas plántulas que se midieron de cada repetición por tratamiento se guardaron en bolsa perforadas de papel para posteriormente llevarlas a una estufa donde permanecieron por 24 horas a una temperatura constante de 65°C. Después de ser secadas, las plántulas se llevaron a pesar de nuevo a la balanza analítica para de esta forma a obtener el peso seco.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

En el presente trabajo se usaron técnicas estadísticas para el análisis de las variables plántulas normales, plántulas anormales, semillas sin germinar. El modelo estadístico fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x4 con un tratamiento extra.

Siendo:

Factor A: Sales

Factor B: Valores de conductividad eléctrica (C.E)

Repeticiones: 3

El modelo estadístico es.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3$, (Tipos de sales)

$j = 1, 2, 3, 4$, (Valores de conductividad eléctrica: C.E)

$k = 1, 2, 3$, Número de repeticiones

$\mu = 1, 2, 3$, (Efecto de la media general)

α_i = Efecto del i -ésimo tipo de sal

β_j = Efecto del j -ésimo valor de conductividad eléctrica (C.E)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción de tipos de sales y Conductividad Eléctrica

ϵ_{ijk} = Error experimental

Se empleo también un diseño completamente al azar para aquellas variables de longitud de la radícula, hipocotilo y peso seco.

Los resultados de las variables evaluadas estuvieron expresados en porcentaje por lo que fueron transformados como lo recomienda Steel y Torrie (1988), mediante la siguiente ecuación.

$$\arcsen \sqrt{\frac{x}{100}}$$

Donde X es el por ciento de dato a transformar

Debido a que las variables evaluadas presentaron valores de cero se realizo un ajuste empleándose la siguiente ecuación.

$$\arcsen \sqrt{\frac{x + 0.005}{100}}$$

Cabe señalar que el análisis estadístico se realizó con la ayuda del programa Excel. Una vez obtenido los análisis de varianza se procedió a hacer la prueba estadística de comparación de medias con la prueba de "Tukey".

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Germinación Fisiológica

A pesar de que se determinó a un plazo de 28 días para la germinación de *P. greggii*, en ninguno de los tipos de sales se logró el 100 por ciento de su germinación, ni aún en condiciones normales, es decir en el tratamiento del testigo (sin sal).

Bajo condiciones normales, es decir en el testigo, llegó a tener un 84 por ciento de germinación fisiológica a los 21 días.

La mayor germinación fisiológica bajo condiciones salinas se obtuvo en NaCl a 5 dS.m^{-1} hasta un 80 por ciento al 21avo. día; con 7 dS.m^{-1} y 3 dS.m^{-1} se obtuvo 73 por ciento durante el mismo periodo. Para esta sal (Figura 4.1) se observó una disminución en la germinación al aumentar la concentración a 9 dS.m^{-1} habiendo un 64 por ciento al 21avo. día. Observándose que a medida que aumenta la concentración se retarda la germinación. Esto comprueba lo mencionado por Ramírez (2005), que niveles moderados de sales generalmente retardan la germinación y además afecta el porcentaje de emergencia, depende del cultivo forestal y el tipo de sal presente.

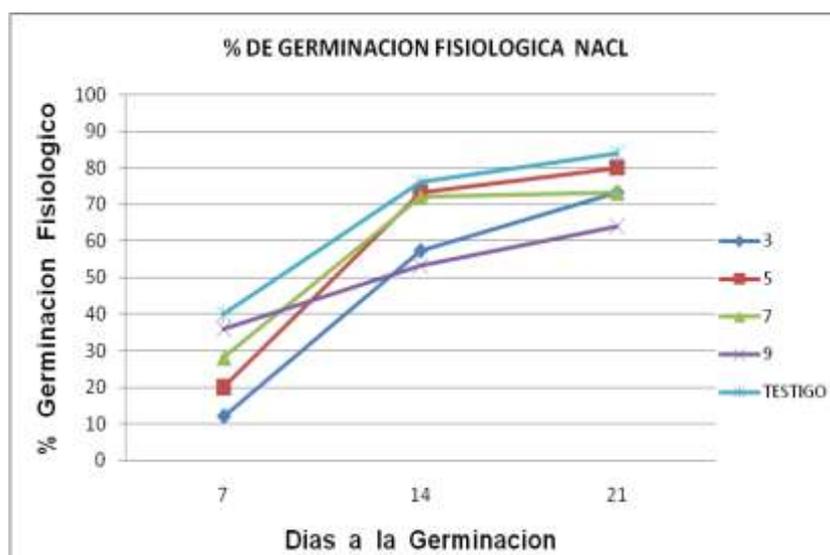


Figura 4.1. Germinación Fisiológica de pino (*P. greggii*) a diferentes concentraciones de NaCl.

Con 5 dS.m⁻¹ de MgCl₂ se obtuvo un 89 por ciento (Figura 4.2); la germinación se logro a 21 avo. día y a 7 dS.m⁻¹ hubo un 87 por ciento en el mismo periodo quedando al final 3 dS.m⁻¹ con 80 por ciento.

Puede observarse en la figura 4.2 que con esta sal el *P.greggii* tolera más los niveles de salinidad, ya que tuvo un buen porcentaje en las concentraciones 5 dS.m⁻¹.

Si tomamos en cuenta que en condiciones normales los días registrados para le germinación de *P.greggii* se observó que retardo la germinación, comparando con esta sal MgCl₂ se obtuvo un mayor porcentaje.

Así mismo se observo que las concentraciones de esta sal MgCl₂, el *P.greggii* tolera sales la cantidad de semillas germinadas fueron similares; en lo general se observó que MgCl₂ es una sal que estimula la germinación, ya que se obtuvieron un buen porcentaje en los cuatro concentraciones.

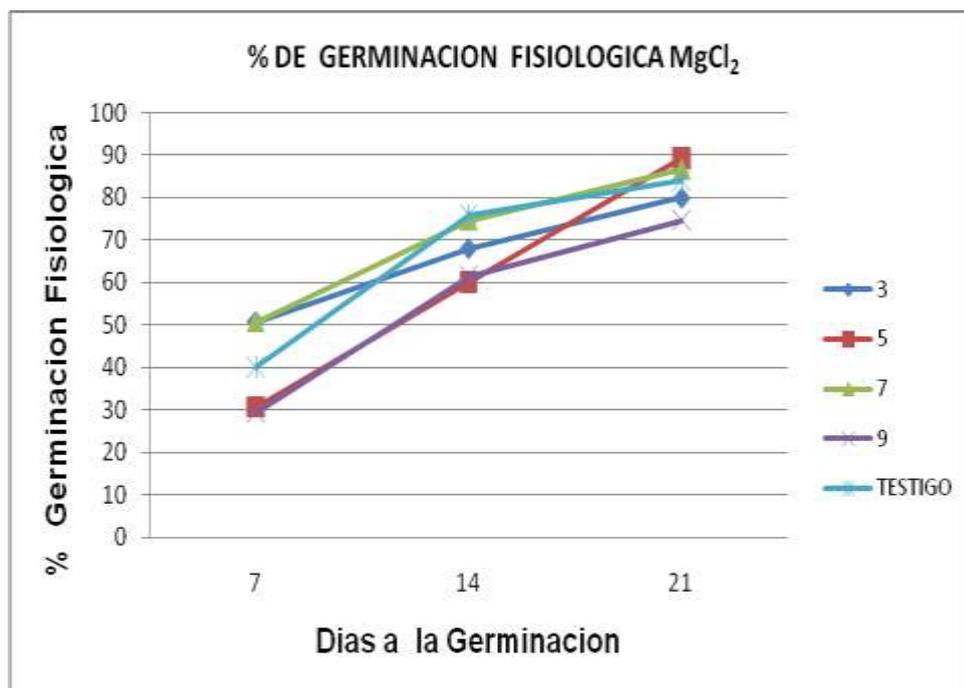


Figura 4.2. Germinación Fisiológica de pino (*P. greggii*) a diferentes concentraciones de MgCl₂.

La mayor germinación fisiológica bajo condiciones salinas se obtuvo con CaCl_2 a 3 dS.m^{-1} hasta un 94 por ciento a los 21 avo. día, seguido de 5 dS.m^{-1} con 84 por ciento durante el mismo periodo.

Si tomamos en cuenta que en condiciones normales los días registrados para la germinación fue superado con la concentración de 3 dS.m^{-1} durante el mismo periodo.

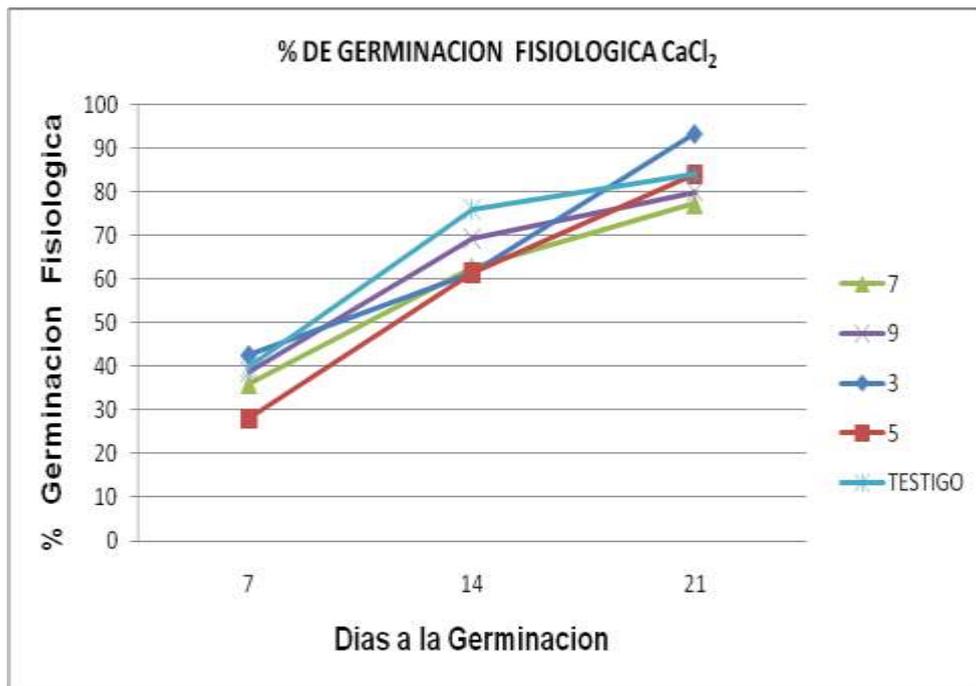


Figura 4.3. Germinación Fisiológica de pino (*P. greggii*) a diferentes concentraciones de CaCl_2 .

En lo general podemos decir que el porcentaje de germinación fisiológica no se ve afectado por esta sal cuando aumentó la concentración.

En lo general, el mayor porcentaje de germinación fisiológica se encontró con CaCl_2 , también se observó que los tres tipos de sales retrasan la germinación y en concentraciones altas, la inhibieron.

En tiempo requerido para cuantificar la germinación fisiológica en condiciones salinas se puede decir que es a los 28 días en el caso del *P. greggii* (Cuadro 4.1).

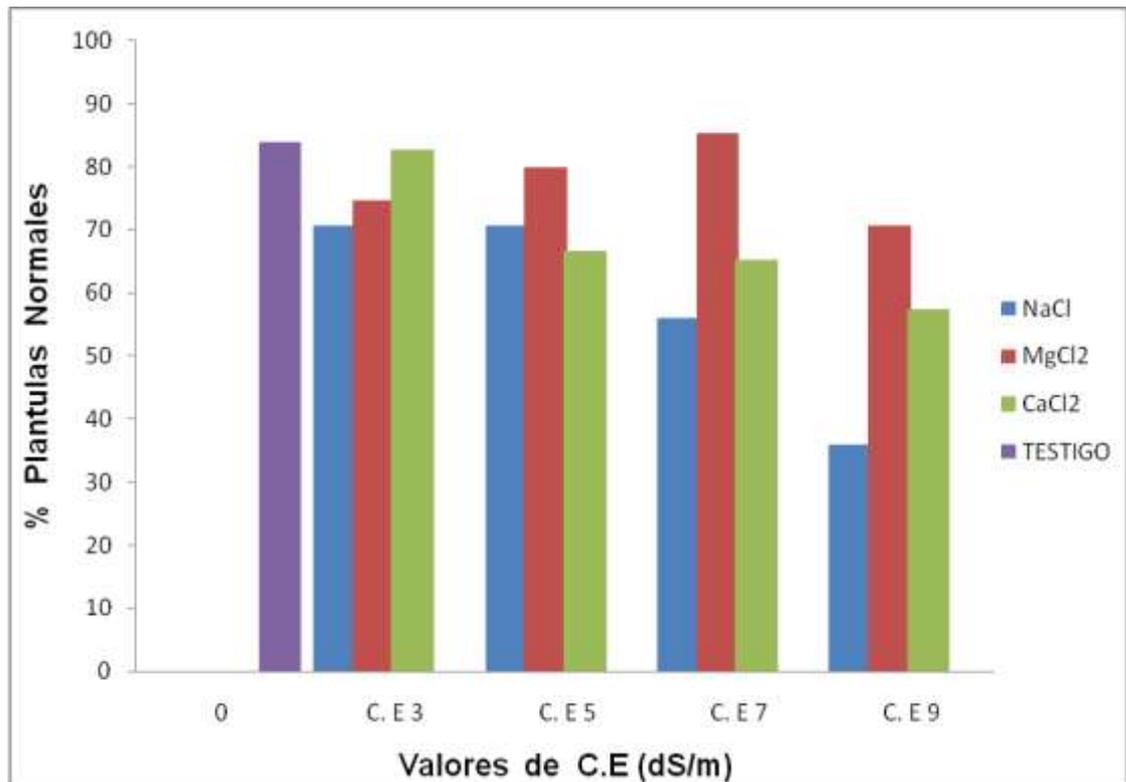
Cuadro 4.1. Porcentaje de germinación fisiológica de *P.greggii* bajo tres tipos y cuatro noveles de sales.

Sales	Conc. dS.m^{-1}	G. F. %	Día	G. F %	Día	G. F %	Día
Testigo	0	40	7	76	14	84	21
	3	12	7	57	14	73	21
	5	20	7	73	14	80	21
NaCl	7	28	7	72	14	73	21
	9	36	7	53	14	64	21
	3	51	7	68	14	80	21
MgCl_2	5	31	7	60	14	89	21
	7	51	7	75	14	87	21
	9	29	7	61	14	75	21
CaCl_2	3	43	7	61	14	93	21
	5	28	7	61	14	84	21
	7	36	7	63	14	77	21
	9	39	7	69	14	80	21

Podemos decir que a los 7 días que ya había germinación fisiológica y después de la estos días siguieron emergiendo en algunas de manera lenta y en poca cantidad.

Plántulas Normales

La figura 4.4. Muestra los porcentajes de plántulas normales, en donde el MgCl_2 a 7 dS.m^{-1} presenta un 85 por ciento, dejando al final a 9 dS.m^{-1} con un 71 por ciento. La germinación bajo condiciones normales, es decir en el testigo llego, a tener un 84 por ciento de germinación.



La figura 4.4. Porcentaje de plántulas normales de *P. greggii* con tres tipos de sales a diferentes concentraciones.

En CaCl_2 el mayor porcentaje de plántulas normales es de 83 por ciento a una concentración de 3 dS.m^{-1} en esta sal el porcentaje de plántulas normales fueron diferentes.

El NaCl obtuvo 71 por ciento de plántulas normales a una concentración de 3 y 5 dS.m^{-1} , esta sal mostro un bajo porcentaje de plántulas normales, por problemas de hongos.

Por lo tanto, MgCl_2 con 7 dS.m^{-1} registró un 85 por ciento y es el que presentó un mayor número de plántulas normales bajo condiciones de salinas.

Se concreto que intercalando concentraciones de sales, disminuye el número de plántulas normales (Cuadro 4.2). La sal ocasiona que se retrasa la germinación y esto propicia que suceda lo mismo en plántulas normales.

Cuadro 4.2. Porcentaje de plántulas normales de *P. greggii* bajo cuatro concentraciones y tres tipos de sales.

Sal	Concentración (dS.m^{-1})	P. Normales. (%)
MgCl_2	3	75
	5	80
	7	85
	9	71
CaCl_2	3	83
	5	67
	7	65
	9	57
NaCl	3	71
	5	71
	7	56
	9	36
Testigo	0	84

El análisis de varianza (Cuadro 4.3) muestra que hubo diferencias altamente significativos entre los tratamientos y las interacciones, así como de cada uno de los factores. Los niveles de sales y de conductividad eléctrica registran efecto conjunto.

Cuadro 4.3. Análisis de varianza de las plántulas normales.

F.V	G.I	Sc	CM	Fc	Fa	
					.05	.01
Test-Factorial	1	9,115	9,115	1,67 NS	4,26	7,82
A (Sales)	2	98,520	49,260	9,03 **	3,4	5,61
B (Atm)	3	102,315	34,105	6,25 **	3,01	4,72
A x B	6	65,75708	10,960	2,01 NS	2,51	3,67
E. E	24	130,904	5,454			
Total	36	406,6114				

Al analizar los datos con una prueba de medias de “Tukey” (Cuadro 4.4) tenemos que $MgCl_2$ a una concentración de 7 dS.m^{-1} es el que presentó mayor número de plántulas normales y además superó al testigo seguido por $CaCl_2$ con 3 dS.m^{-1} . Estos tres tratamientos están claramente separados en el primer grupo estadístico (A) es decir son estadísticamente iguales.

Cuadro 4.4. Comparación de medias entre testigo y tratamiento para variables de plántulas normales.

Sal	Concentración de (dS/m)	Medias *	significancia **
NaCl	3	18	A
	5	18	A
	7	14	B
	9	9	B
MgCl ₂	3	19	A
	5	20	A
	7	22	A
	9	18	B
CaCl ₂	3	21	A
	5	17	B
	7	16	B
	9	14	B
Testigo	0	21	A

* Medias transformadas.

** Medias con letra iguales son estadísticamente iguales.

Con esto podemos decir que $MgCl_2$ presentó más plántulas normales, seguido por $CaCl_2$ y al final $CaCl_2$ la mejor concentración para plántulas normales fue de $7\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ya que se observó que permite una buena germinación. En la figura 4.5 se presenta el comportamiento de las medias de los tratamientos y el testigo para la variable plántulas normales.

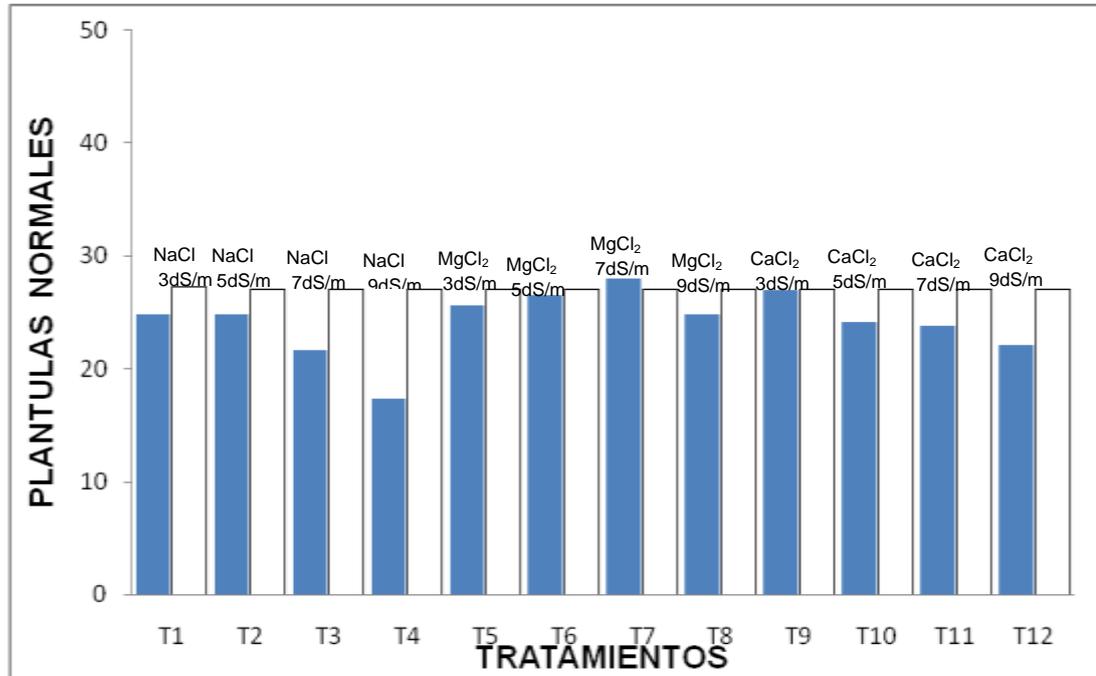
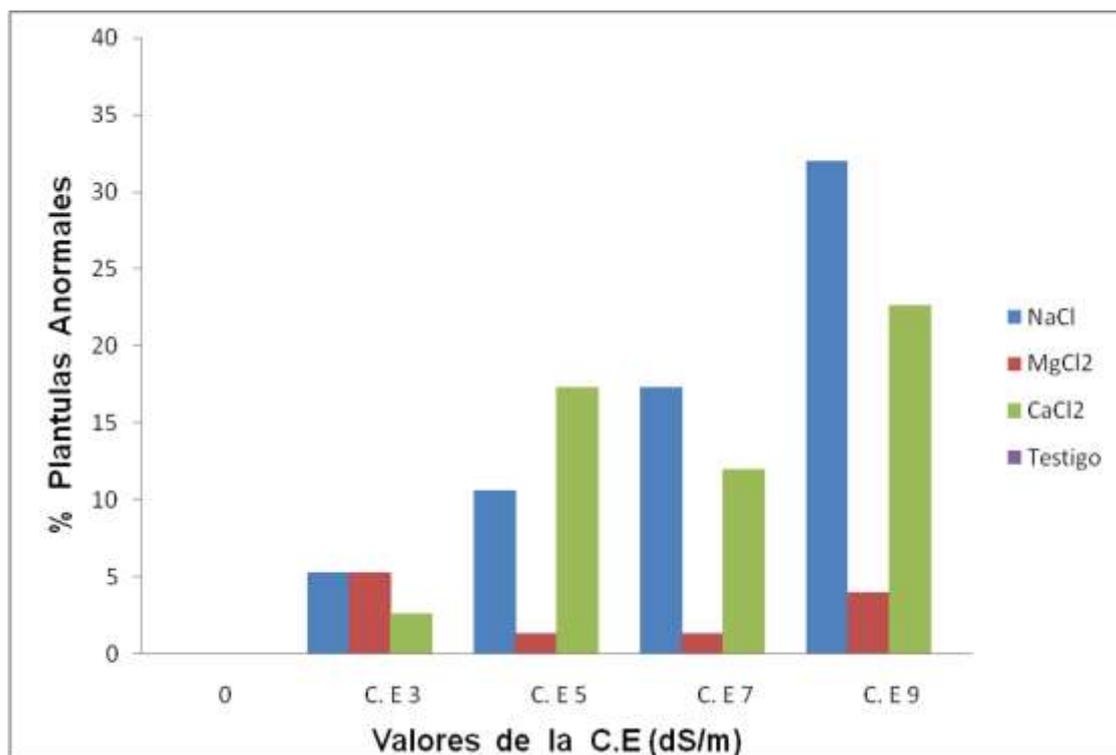


Figura 4.5. Comparación de medias entre los tratamientos y el testigo para la variable plántulas normales.

Plántulas Anormales

Después de haber analizado la variable de plántulas normales, seguiremos con el análisis de las plántulas anormales. El testigo no se presentó la anomalía, es decir que la mayoría de las plántulas fueron normales (Figura 4.6).



La figura 4.6. Porcentaje de plántulas anormales de *P. greggii* con tres tipos de sales a diferentes concentraciones.

Con NaCl a una concentración de 9 dS.m⁻¹ fue mayor el porcentaje de plántulas anormales (32 por ciento) dejando al final a MgCl₂ con 5 y 7 dS.m⁻¹ de uno por ciento. Se observó que aumento el número de plántulas anormales al aumentar la concentración de sal, de NaCl.

Con 5 dS.m⁻¹ de MgCl₂ se registraron valores de cinco por ciento seguido de 9 dS.m⁻¹ de cuatro por ciento dejando al final a CaCl₂ de 3 dS.m⁻¹ con tres por ciento.

El NaCl a una concentración de 9 dS.m⁻¹ fue la sal en donde se presentó el mayor porcentaje de plántulas anormales con 32 por ciento dejando debido a su alta concentración. A niveles moderados de sal disminuye el número de plántulas anormales.

En general, el tratamiento que tuvo un mayor porcentaje de plántulas anormales fue NaCl con 9 dS.m⁻¹ provocando un 32 por ciento de anormalidad, seguido por 7 dS.m⁻¹ con 17. Se observó que a concentraciones altas aumentaron las plántulas anormales (Cuadro 4.5)

Cuadro 4.5. Porcentaje de plántulas de *P.greggii* bajo cuatro concentraciones y tres tipos de sales.

Sal	Concentración (dS.m ⁻¹)	P. Anormales (%)
NaCl	3	5
	5	11
	7	17
	9	32
MgCl₂	3	5
	5	1
	7	1
	9	4
CaCl₂	3	3
	5	17
	7	12
	9	23
Testigo	0	0

El análisis de varianza (Cuadro 4.6), muestra que hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos y las interacciones, así como de cada uno de los factores.

Cuadro 4.6. Análisis de varianza de la variable de plántulas anormales.

F.V	G.I	Sc	CM	Fc	Fa	
					.05	.01
Test-Factorial	1	42,335	42,335	1,72 NS	4,26	7,82
A (Sales)	2	292,631	146,315	5,96 **	3,40	5,61
B (Atm)	3	176,996	58,999	2,40 NS	3,01	4,72
A x B	6	96,35224	16,059	0,65 NS	2,51	3,67
E. E	24	589,277	24,553			
Total	36	1197,591				

*, ** Denotan el nivel de 0.05 y 0.01 por ciento de probabilidad.

Al analizar los datos con la Prueba de Medias de “Tukey” (Cuadro), se observó que el mayor número de plántulas anormales se presentó con NaCl a concentraciones de $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$; seguido por CaCl_2 con $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Estos tratamientos están claramente separados en el mismo grupo estadístico de (A), es decir que son estadísticamente iguales.

Cuadro 4.7. Comparación de medias y tratamientos y el testigo de la variable de las plántulas anormales.

Sal	Concentración de (dS/m)	Medias	Significancia
NaCl	3	1	B
	5	3	A
	7	4	A
	9	8	A
MgCl ₂	3	1	A
	5	0	B
	7	0	B
	9	1	A
CaCl ₂	3	1	B
	5	4	A
	7	3	B
	9	6	A
Testigo	0	0	

*Medias transformadas

** Medias con letra iguales son estadísticamente iguales.

En general podemos decir que, el NaCl provocó más plántulas anormales. Esta sal provocó efectos tóxicos a niveles moderados, ocasionando que se presentara un mayor número de plántulas anormales. El NaCl estimuló la germinación, sin embargo después de un nivel de sal de 3 dS.m⁻¹ produjo toxicidad. La concentración en la que hubo más plántulas anormales fue de 9 dS.m⁻¹ de NaCl, seguida de 9 dS.m⁻¹ de CaCl₂.

La anomalía se debe al efecto de los iones o la formación de productos metabólicos tóxicos (Meiri, 1969). La anomalía se debe principalmente a las sales acumulada en las raíces, mostrando una deformación. Esto nos indica que la sal influyó directamente en la germinación y en algunos tipos de sales se estimula la germinación a concentraciones bajas, presentando efectos muy tóxicos ocasionando la anomalía de plántulas. En la figura 4.7 se observa gráficamente el comportamiento de las medias de los tratamientos y el testigo para la variable plántulas anormales.

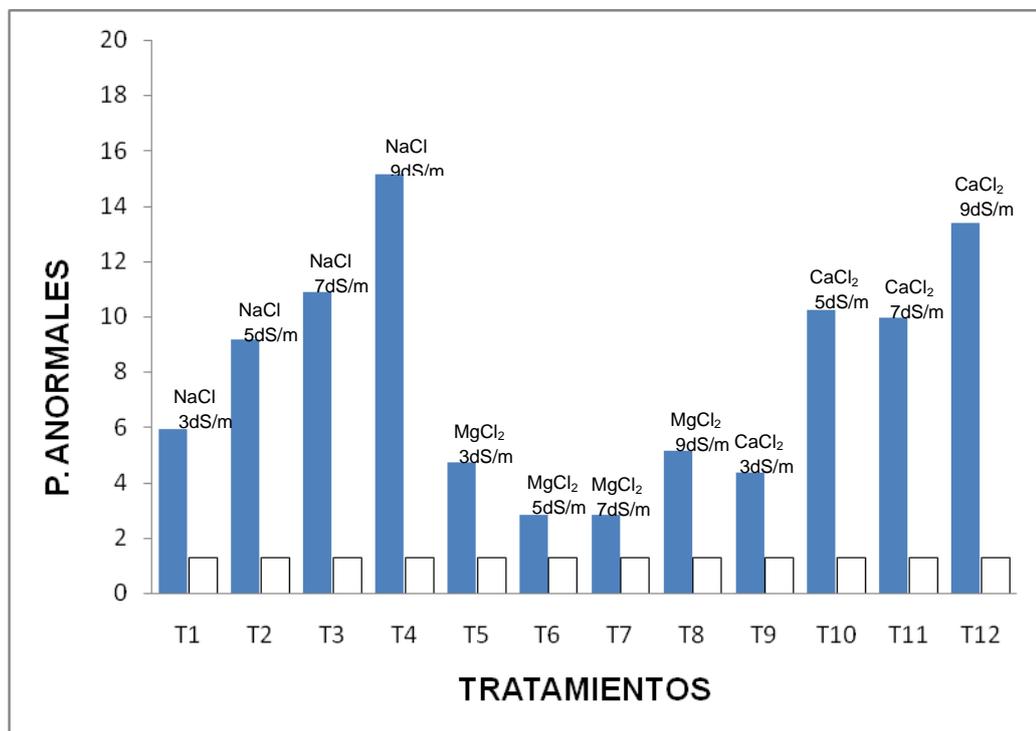


Figura 4.7. Comparación de medias entre los tratamientos y el testigo para plántulas anormales.

Semillas Muertas

En esta variable es un poco difícil de explicar debido a que no se sabe con seguridad si las semillas tenían problemas de germinación al inicio. Así también de que inicialmente la semilla no recibió ningún tratamiento.

Tenemos que el NaCl a una concentración de $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ fue la que presentó mayor porcentaje de semillas muertas con un 32 por ciento (Figura 4.8), seguido de MgCl_2 a $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ y quedando al final el testigo.

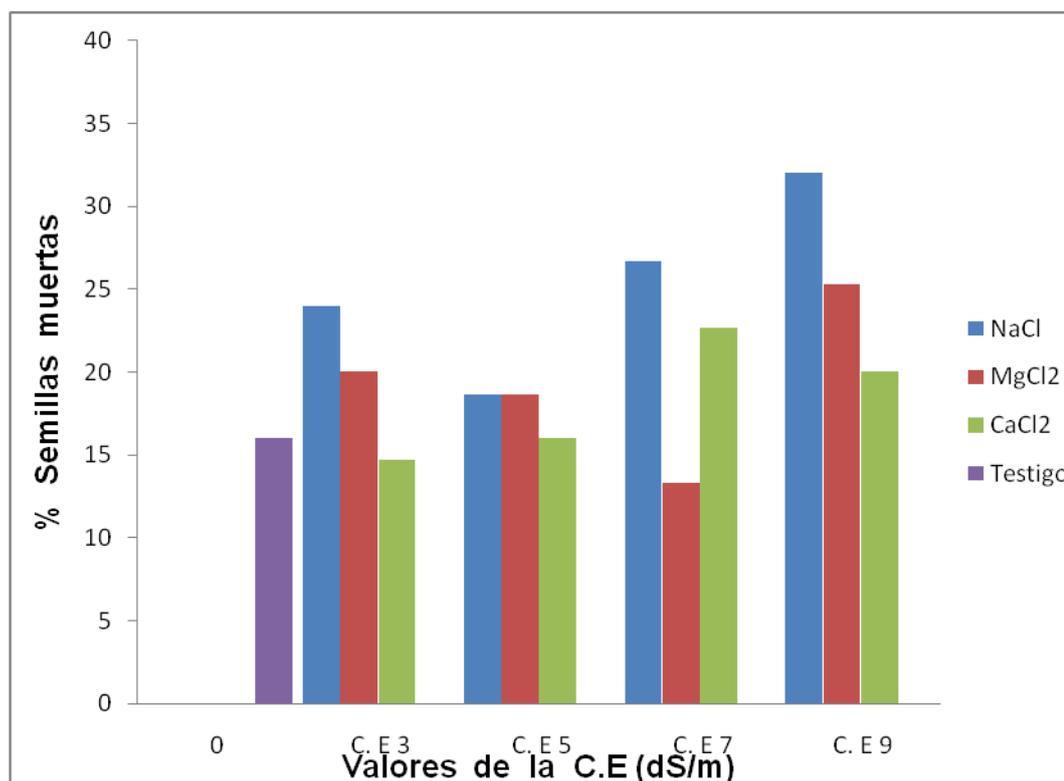


Figura 4.8. Porcentaje de semillas muertas con tres tipos de sales y diferentes concentraciones.

La mayoría de las semillas muertas se observaron a final del ensayo, debido a que no presentaron indicios de viabilidad para germinar. Al comparar los resultados con el tratamiento testigo se observó un 16 por ciento de semillas muertas. El MgCl_2 tuvo mayor porcentaje de semillas muertas a una concentración de $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, seguida de $7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ observándose que a $5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ no se presentó un importante porcentaje de semillas muertas (Cuadro 4.8).

Se observó que $MgCl_2$ a concentraciones de 9 dS.m^{-1} el mayor porcentaje registrado a valores de 25 por ciento de semillas muertas, seguido de la misma sal de 3 dS.m^{-1} con 20, 5 dS.m^{-1} con 19 y al final 7 dS.m^{-1} .

Se observó que el $CaCl_2$ en sus cuatro concentraciones de sal registró valores inferiores de 23 por ciento de semillas muertas. Pues a concentraciones de 9 dS.m^{-1} hay solamente 20 por ciento, seguido de 5 dS.m^{-1} con 16 por ciento y al final de 3 dS.m^{-1} con 15 por ciento.

Cuadro 4.8. Porcentaje de semillas muertas de *P. greggii* bajo cuatro concentraciones y tres tipos de sales.

Sal	Concentración (dS.m-1)	P. Normales (%)
NaCl	3	24
	5	19
	7	27
	9	32
MgCl₂	3	20
	5	19
	7	13
	9	25
CaCl₂	3	15
	5	16
	7	23
	9	20
Testigo	0	16

Cuadro 4.9. Tabla de comparación de medias de tratamientos y el testigo para la variable semillas muertas.

Sal	Concentración de (dS/m)	Medias	Significancia
NaCl	3	6	A
	5	5	B
	7	7	A
	9	8	A
MgCl ₂	3	5	A
	5	5	A
	7	3	B
	9	6	A
CaCl ₂	3	4	B
	5	4	B
	7	6	A
	9	5	A
TESTIGO	0	4	A

* Medias transformadas

** Medias con letra iguales son estadísticamente iguales.

La concentración en donde se presentaron valores altos de semillas muertas fue de 9 dS.m⁻¹ de NaCl, pero esta concentración muchas semillas no completaron su germinación fisiológica. En la figura 4.9 se observa el comportamiento de medias de las los tratamientos y el testigo para la variable semillas muertas.

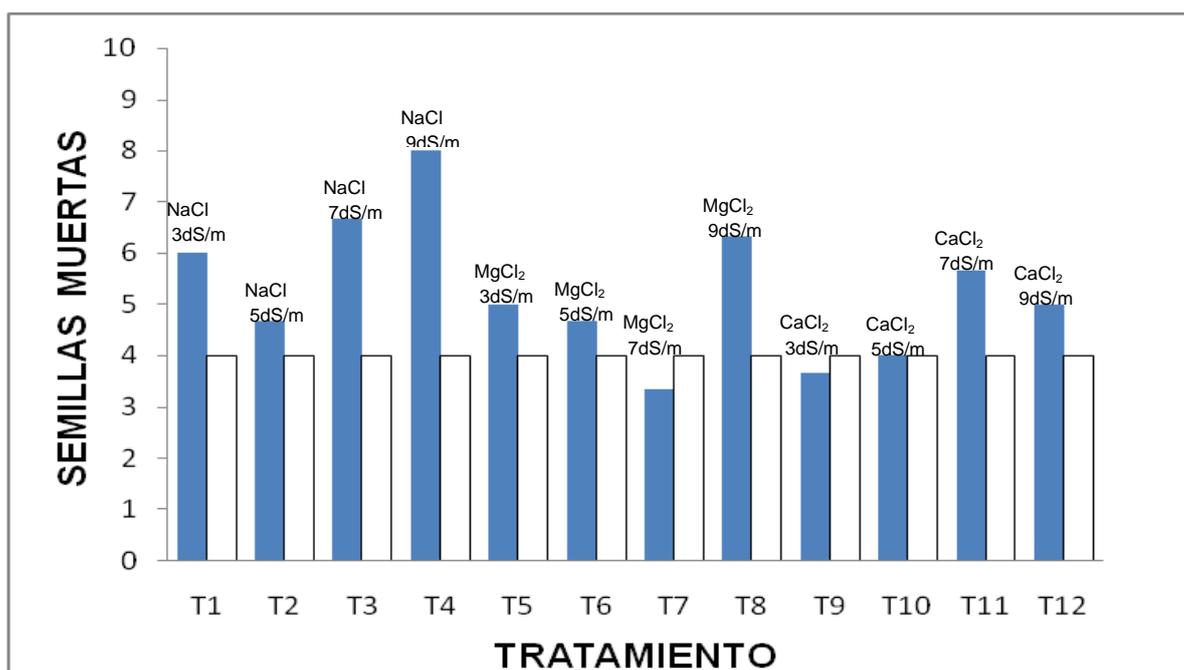


Figura 4.9. Variable de semillas muertas, comparando los tratamientos con respecto el testigo.

Las semillas presentaron hongo, observándose que no fue causado por algunas de las sales, lo que si podemos decir es de que las semillas no fueron tratados para esta prueba. Esto indica que cuando tenemos una semilla tratada con un buen control de calidad se tiene menor mortandad, sumando a esto su característica de ser tolerantes a la sal (Shannon et al., 1987). Es muy clara que las sales afectan directamente a la germinación o se inhiba a causa de las sales.

Longitud de Hipocotíleo

Una vez terminado de analizar las variables plántulas normales, anormales y semillas muertas, seguimos con las variables que ayudaran a corroborar las pruebas de vigor de las plántulas.

Debido a que todos los tratamientos presentaron pocas plántulas normales, se consideraron todas, para la evaluación de este parámetro.

El análisis de varianza (Cuadro 4.10) muestra diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos. No encontramos efecto conjunto.

Cuadro 4.10. Análisis de varianza para la variable longitud de hipocotíleo

F.V	G.I	Sc	CM	Fc	Fa	
					0.05	0.01
Test-Factorial	1	2,34	2,34	6,54 [*]	4,26	7,82
A (Sales)	2	6,96	3,48	9,72 ^{**}	3,4	5,61
B (Atm)	3	6,18	2,06	5,76 ^{**}	3,01	4,72
A x B	6	2,24	0,37	1,04 ^{NS}	2,51	3,67
E. E	24	8,59	0,36			
Total	36	26,31				

Una vez analizados por el método de comparación de medias de “Tukey” (Cuadro 4.11), el análisis indica que existen diferencia entre los tratamientos y el testigo que influye como un tratamiento más y es el que obtuvo la mayor longitud de hipocotílo seguido de NaCl a una concentración de 7 dS.m⁻¹.

Cuadro 4.11. Tabla de comparación de medias de tratamientos para la variable longitud de la hipocotilo.

sal	Concentración de (dS.m ⁻¹)	Medias	Significancia
NaCl	3	2.27	A
	5	1.97	B
	7	1.80	B
	9	1.57	B
MgCl₂	3	2.47	A
	5	2.40	A
	7	2.30	B
	9	2.37	B
CaCl₂	3	2.43	A
	5	1.93	A
	7	1.90	B
	9	1.57	B
TESTIGO	0	2.90	A

*Medias transformadas

** Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Y tenemos que el testigo se sitúa en el primer grupo estadístico (A), seguido de MgCl₂ con 3 dS.m⁻¹ y 5 dS.m⁻¹. Estos tratamientos están claramente separados en un mismo grupo estadístico. En el testigo se registraron hasta 2.90 cm de hipocotílo, seguido de MgCl₂ con 3 dS.m⁻¹.

El CaCl₂ con 9 dS.m⁻¹ registro la menor longitud de hipocotilo con 1.57 cm, observándose como uno de los tratamientos que no presento un buen desarrollo de hipocotílo.

Estos resultados son similares a los de Shannon et al., 1987 donde encontró que la sal ocasiono el decrecimiento del tallo. El MgCl₂ es la sal que dio buenos resultados a concentraciones de 3 dS.m⁻¹ y 5 dS.m⁻¹.

En general se observó (Figura 4.10) que $MgCl_2$ presentó buen vigor a concentraciones menores de $3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con esto podemos decir que $MgCl_2$ permitió una buena germinación a concentraciones medias de sales. Para el $NaCl$ a una concentraciones de $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ presento poco desarrollo de hipocotilo.

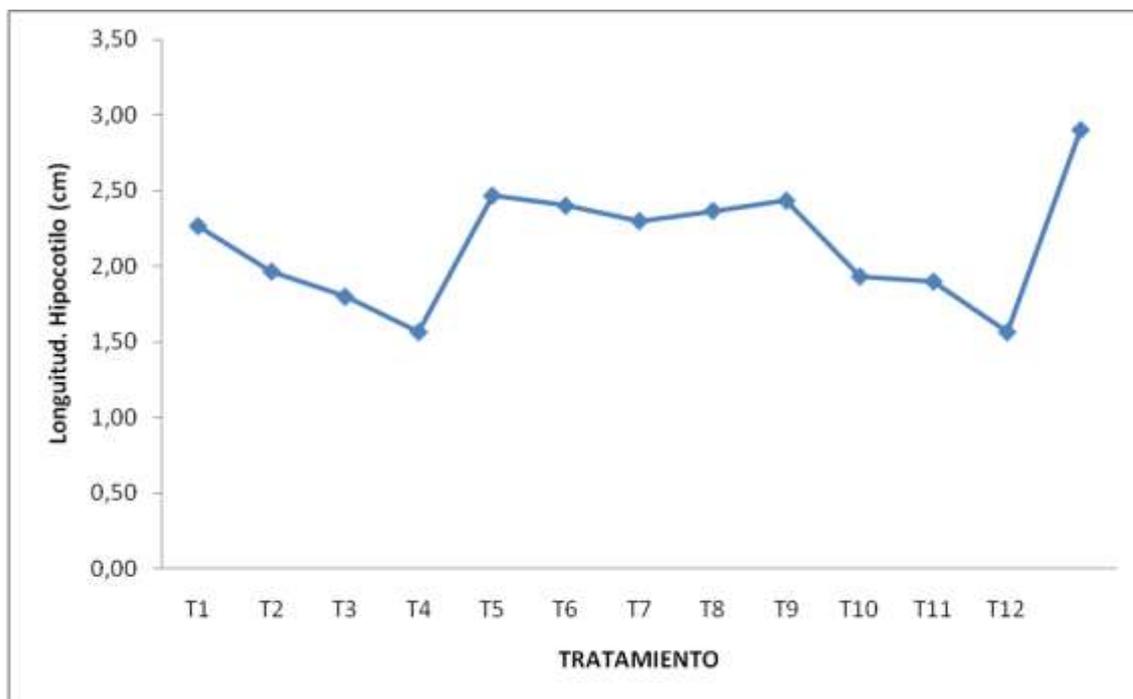


Figura 4.10. Grafica de la variable longitud de hipocotilo

Longitud de raíz

Esta variable también permite corroborar la buena germinación y el buen número de plántulas normales.

El análisis de varianza (Cuadro 4.12) muestra diferencias altamente significativas entre los tratamiento. No se registro efecto conjunto entre los factores.

Cuadro 4.12. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz.

F.V	G.I	Sc	CM	Fc	Fa	
					0.05	0.01
Test-Factorial	1	0,82	0,82	2,11 ^{NS}	4,26	7,82
A (Sales)	2	12,82	6,41	16,51 ^{**}	3,4	5,61
B (Atm)	3	9,36	3,12	8,04 ^{**}	3,01	4,72
A x B	6	4,81	0,80	2,07 ^{NS}	2,51	3,67
E. E	24	9,32	0,39			
Total	36	37,14				

** Denotan el nivel de 0.05 y 0.01 por ciento de probabilidad

Al aplicar la prueba de medias de “Tukey” (Cuadro 4.13) se observó que con NaCl a una concentración de 7 dS.m⁻¹ obtuvo 2.90 cm de longitud de raíz seguido de MgCl₂ a 5 dS.m⁻¹ con 2.90 cm. El testigo mostró un buen comportamiento, pues registró un valores de 2.80 cm. Observando que fue superado por NaCl y MgCl₂.

Cuadro 4.13. Comparación de medias para la variable longitud de la raíz.

sal	Concentración de (dS/m)	Medias	Significancia
NaCl	3	2.73	B
	5	2.80	A
	7	2.90	A
	9	1.73	B
MgCl ₂	3	2.67	A
	5	2.90	A
	7	2.30	B
	9	2.33	B
CaCl ₂	3	1.90	A
	5	2.10	A
	7	1.90	A
	9	1.63	B
TESTIGO	0	2.80	A

*Medias transformadas

** Medias con letra iguales son estadísticamente iguales.

Los mejores tratamientos que presentaron mayores valores fueron NaCl a 7 dS.m⁻¹ y MgCl₂ 5 dS.m⁻¹ estos tratamientos se encuentran el mismo grupo estadístico (A).

En general podemos observar (Cuadro 4.11) que el NaCl estimula el desarrollo de las raíces a bajas concentraciones, esto permite el desarrollo, pero a concentraciones mayores se presenta una disminución de la raíz por los efectos tóxicos.

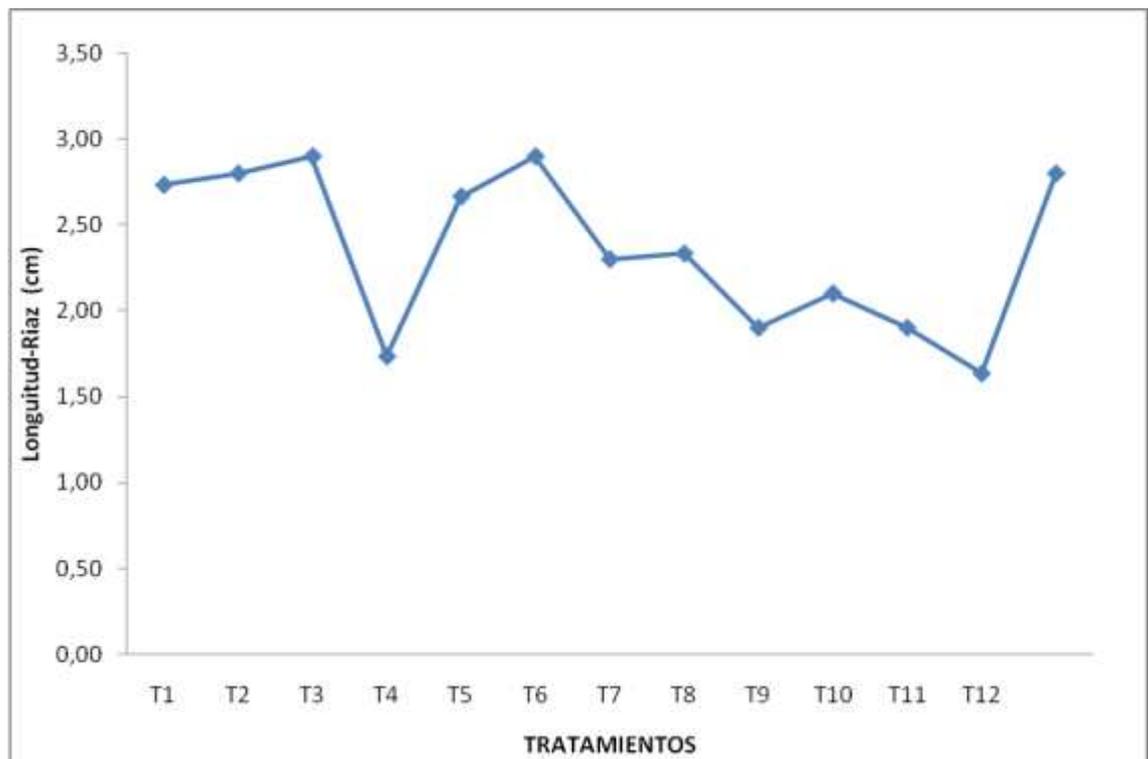


Figura 4.11. Grafica de la variable longitud de la raíz para cada tratamiento

Peso Seco

El cuadro 4.14. Análisis de varianza para la variable peso seco donde se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

F.V	G.I	Sc	CM	Fc	Fa	
					0.05	0.01
Test-Factorial	1	0,10	0,10	22,31 **	4,26	7,82
A (Sales)	2	2,34	1,17	274,03 **	3,4	5,61
B (Atm)	3	5,48	1,83	427,63 **	3,01	4,72
A x B	6	4,92	0,82	192,09 **	2,51	3,67
E. E	24	0,10	0,004			
Total	36	12,95				

*, ** Denotan el nivel de 0.05 y 0.01 por ciento de probabilidad

Al analizar los datos con una prueba de medias de “Tukey” (Cuadro 4.15) encontramos que el testigo se obtuvieron valores de 0.11 gr de peso seco indicando que este obtuvo menor valor.

Cuadro 4.15. Tabla de comparación de medias de tratamientos para la variable peso seco.

Sal	Concentración de (dS/m)	Medias **	Significancia **
NaCl	3	0.07	B
	5	0.05	B
	7	0.19	A
	9	0.15	A
MgCl₂	3	0.04	B
	5	0.05	A
	7	0.06	A
	9	0.05	A
CaCl₂	3	0.04	B
	5	0.04	B
	7	0.05	A
	9	0.27	A
TESTIGO	0	0.11	A

** Medias con letra iguales son estadísticamente iguales.

*Valores expresados en gramos.

Entonces los mejores tratamientos que presentaron mayores valores fueron CaCl_2 a $9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con 0.27 gr , seguida NaCl a $7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con 0.19 gr ya que el tratamiento testigo obtuvo un menor valor a este grupo estadístico. Se observó que el MgCl_2 a una concentración de $3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ es el que obtuvo el menor peso seco.

En general se observó (Figura 4.12) el comportamiento de esta variable representado por sus medias. Aquellas sales que mostraron mejores resultados fueron NaCl , seguido de CaCl_2 . El peso disminuyó conforme aumentó la concentración de sal.

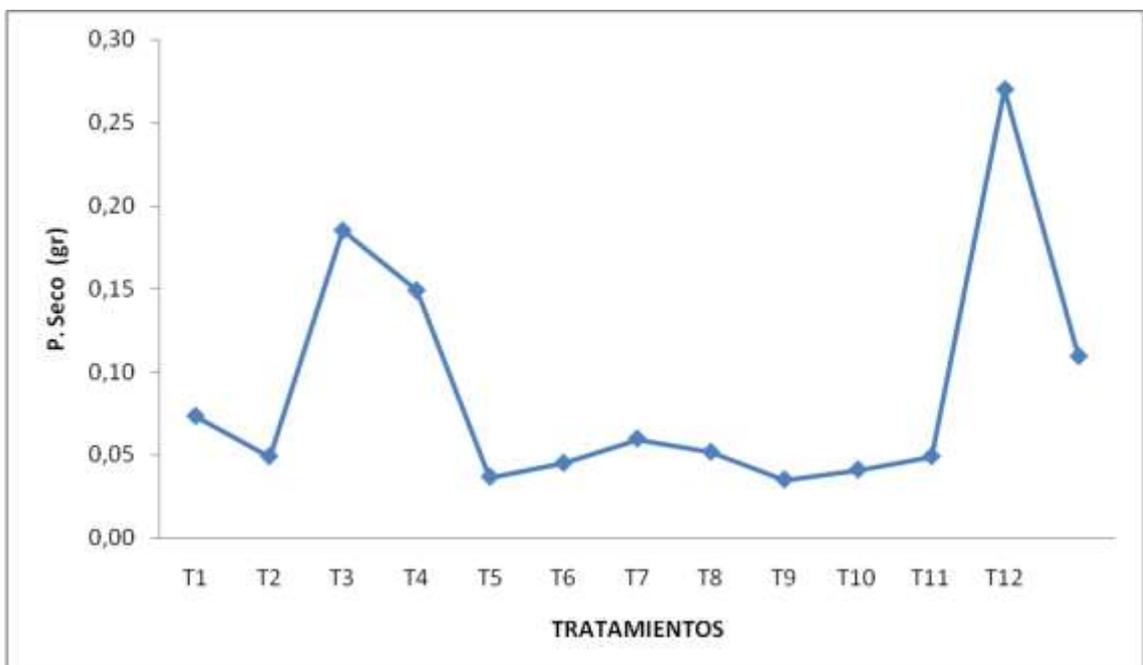


Figura 4.12. Grafica que muestra la variable peso seco para cada tratamiento.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En ninguno de los tratamientos alcanzó el 100 por ciento de germinación fisiológica. La sal que presentó mejor germinación fisiológico fue CaCl_2 con 3 dS.m^{-1} (93 por ciento), seguida de MgCl_2 a 5 dS.m^{-1} (89 por ciento). La germinación fisiológica disminuyó a medida que aumenta la concentración de sal.
2. Los efectos causados por estas sales son: toxicidad y latencia, provocando anomalías e inhibición las semillas.
3. La sal con la que se presentó un mayor porcentaje de plántulas normales fue MgCl_2 a una concentración de 7 dS.m^{-1} (85 por ciento). Con esta sal se presentó un buen vigor de la planta, registrando valores muy pequeños de toxicidad.
4. NaCl a una concentración de 9 dS.m^{-1} presentó el mayor número de plántulas anormales con un 32 por ciento. También estimuló la germinación, sin embargo después de un nivel de 3 dS.m^{-1} produjo toxicidad, ocasionando así un mayor número de plántulas anormales.
5. En semillas muertas, tenemos que el NaCl a una concentración de 9 dS.m^{-1} fue la que presentó un mayor porcentaje con un 32 por ciento.
6. Para la longitud de hipocotilo tenemos que el NaCl presentó un buen vigor a una concentración de 7 dS.m^{-1} . Esto quiere decir que el sodio favoreció el desarrollo del hipocotilo.
7. Para la longitud de la raíz los mejores tratamientos que presentaron mayores valores fueron NaCl_2 a 7 dS.m^{-1} , seguido de MgCl_2 a 5 dS.m^{-1} .
8. Para el peso seco los mejores tratamientos que presentaron mayores valores fueron CaCl_2 a 9 dS.m^{-1} , seguida NaCl a 7 dS.m^{-1} .

Recomendaciones

1. Dar continuidad con los estudios de salinidad en el *Pinus greggii* ya que la información obtenida mediante la prueba de germinación puede utilizarse para posteriores investigaciones a nivel invernadero, donde también son controlados algunos factores como el clima.
2. Es conveniente hacer un lavado a las semillas antes de la prueba de germinación, debido a que estas llevan pequeñas concentraciones de sal.

VI. LITERATURA CITADA

- Aceves, N. E. 1979.** El ensalitramiento de los suelos bajo riego (Identificación, Control, Combate y Adaptación). Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. Pp 113-116
- Ansorena, J. 1994.** Sustratos. 1ra edición. Ed. Mundi-prensa. México. 172 p.
- Aparicio, R. A.,H. Cruz J.,J. Alba L. 1999.** Efectos de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* SHT. ET CHAM., *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus pseudostrabus* LINDL. En condiciones de vivero. Foresta veracruzana 1(2): pp 31-36
- Bolívar, D.M.2006.** Apuntes de Suelos Salinos Sódicos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México
- Bures S. 1997.** Sustratos 1ra edición. Ed. Agrotécnicas. Madrid, España. 342p.
- Chapman, D.H. 1973.** Diagnostic Criteri for Plant Nutrition University of California Citrus Reseach Center and A gricultural Experiment Station. Riverside, Calofornia E.U.A p. 409-432
- Chávez R. R. 1994.** Fisiología y morfología de plántulas en diez procedencias de *Pinus greggii* Engelmann, en invernadero. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 66 p.
- Capeland , L.O and MacDonald.M.B. 1985.** Principles of seed Science and Tecnology. Burgess Publishing Company. Second Edition Minnepolis, Minnesota, USA. P 50.
- Curiel A.M. 2005.** Descripción de once poblaciones naturales de *Pinus greggi* engelm. var. greggii en el sureste de Coahuila. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 67 p.
- Czabator F.J. 1962.** Germination value: an index combining speed and completences of pine seed germination. Forest Science. 8(4): 386 – 395.
- Dante.1996.** Evaluación de los combustibles forestales en los bosques del Distrito Federal, Ciencia forestal en México, México, 1995 V20 N77 ene-jun. P193-218]
- Dante A. R.T. 1996.** Indicadores de Calidad de Planta en Pinus.

- De La Peña.1980.** Salinidad de los Suelos Agrícolas. Su origen – Clasificación – Prevención y Rehabilitación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. P 1-42.
- Donahue, J. K. y J. López U. 1999.** A new variety of *Pinus greggii* (Pinaceae) in Mexico. *Sida*. 18(4): 1083-1093.
- Dvorak W.S.J.K. Donahue, J.A. Vazquez 1995.** Erly performance of COMCORE introductions of *pinus patula* in Brazil, Colombia and South Africa. *South Africa Forest Journal*.174: 23-33.
- EGUILUZ, P.T. 1978.** Ensayo de Integración de Conocimientos sobre el Género *Pinus* en México.
- Estrada, L. F. 1995.** Evaluación de la salinidad en Cinco Especies del Genero *Lycopersicon* en la Etapa de Desarrollo y Tres Especies en la Etapa de Germinación. Tesis de Licenciatura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Pp. 12-19.
- Feuchter, R.F 2002.** Trasferencia de tecnología para el rescate de suelos mediante la integración ganadera. Recuperación de suelos salinos agrícolas, mediante el establecimiento de praderas bajo riego y cultivos alternativos. Universidad Autónoma de chapingo. Cd. Obregon, Sonora, México. [Www.Zoetecnocampo.com](http://www.Zoetecnocampo.com)
- Guerra,H.M 1993.** Tolerancia a la Salinidad en el Mejoramiento y la Producción Agrícola. Seminario de Posgrado, Departamento de Fitomejoramiento División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. Pp. 64-77.
- Gutiérrez, E.J.A 1988.** Ensayo de rendimiento de cuatro cultivares de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) utilizando dos soluciones nutritivas bajo condiciones de Hidroponía. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Campus Querétaro Departamento de Fitotecnia. Querétaro, México. pp. 1-10
- Hartmann, y. y Kester, D. 1988.** Propagación de plantas. México D.F. Compañía editorial continental ,S.A. de C.V. PP. 1-10.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (INIFAP).2003
- Krugman,S.L. y J.L.Jenkinson. 1974.** *Pinus* I In: Seeds of Woody Plants in The USA USDA, Forest Service, Agriculture Handbook No. 405. USA. 598-638.

- Lara R. D. 1994.** Prueba de germinación y sobrevivencia *Pinus cembroides* Zucc. Sobre ocho sustratos diferentes en etapa de vivero. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 76 p.
- Mápula L.,R.,R. Bonilla B. y D.A. Rodríguez T. 1996.** Germinación y crecimiento inicial de *Pseudotsuga macrolepsis* Flous. en Chapingo México. Revista Chapingo. Ciencias Forestales. 5: 111–117.
- Martínez M. 1948.** Los pinos mexicanos. Ed. Botas. 337-342
- Michel, L. S.M.A. 1992.** Respuesta de *Atriplex lentiformis* a Cuatro Tipos de Sales y Cinco Valores de Presión Osmótico Durante la Etapa de Germinación. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. pp 28-29
- Mieri, A. 1969.** Plant Response To Salinity. In: Yron, B., E Panfors And Y. Vaaidi (Ed.). Irrigation in Arid Zones. Minitry in Arid Zones. Ministry of Agriculture.The Volcan Institute o Agriculture Research and Extension Service Foreing Training Department. Bet-Dagan, Israel. Pp 273-279.
- Moreno, M.E. 1976.** Efecto de Sustratos de Sustancias Húmicas y Hormonales sobre la Germinación y Vigor en Semillas de Pasto. Tesis de Maestría Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México pp. 42-45.
- Niembro R. A., 1986.** Mecanismos de reproducción sexual en pinos. Ed. Limusa. México, D.F. 180 p.
- Niembro R, A., 2006.** Semillas forestales En: XIII curso internacional de actualización en tecnología de semillas. UAAAN.
- Padilla G. 2004.** Tablas dasométricas en plantaciones de *Pinus tropicalis* Morelet. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales en la Facultad de Forestal y Agronomía .Universidad de Pinar del Río, 100 p.
- Padilla G. 2004.** Factores limitantes y estrategias de establecimiento de plantas leñosas en ambientes semiáridos. Implicaciones para la restauración. Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC). General Segura, 1. 04001 Almería, España.
- Peñuelas R.J.L., L. Ocaña B. 2000.** Cultivo de plantas forestales en contenedor. 2da edición. Ediciones Mundi-Prensa. 190 p.

Ramírez,H.C., J.J. Vargas H y J. López U. 2005. Distribución y conservación de las poblaciones naturales de pinus greggii. Acta Botánica Mexicana. 72: 1-16

Rzedwsky J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 430 p.

Saavedra, R.G. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. Instituto de Investigación Agropecuarias la Platina, Santiago, Chile.

Salisbury.F.B y Ross, C.W 1994. Fisiología Vegetal. Ed. Por Grupo Editorial Iberoamericana, S.A. de C.V. México. pp 647-649.

Sandoval M., C.,V.M. Cetina A., R. Yeaton, y L. Mohedano C. 2001. Sustratos y polimeros en la producción de la planta de *Pinus cembroides* Zucc. bajo condiciones de invernadero. Revista Chapingo Serie Ciencias forestales y del ambiente 6(2): 143 – 150.

Páginas de internet consultadas:

Aguilera R.M. 2001. *Pinus greggii* Engelm. [En línea]. Consulta el 29 de marzo de 2007. <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/bosquedes/Fichas%20Tecnicas/Pinus%20greggii.pdf>.

http://en.wikipedia.org/wiki/Pinus_greggii.

http://www.ranchosanagustin.com.mx/fichasHTML/Ficha%20Tecnica%20-%20Pino%20Greggii%2007_archivos/slide0001.htm.