

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



**EFFECTO DE TRES TIPOS DE SALES Y CUATRO NIVELES DE  
CONCENTRACIÓN SOBRE LA GERMINACIÓN DE  
*Ligustrum japonicum*.**

Por:

**INÉS JAZMÍN DEL TORO JÁUREGUI.**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre 2014

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



**EFFECTO DE TRES TIPOS DE SALES Y CUATRO NIVELES DE  
CONCENTRACIÓN SOBRE LA GERMINACIÓN DE  
*Ligustrum japonicum*.**

Por:

**INÉS JAZMÍN DEL TORO JÁUREGUI.**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

EFFECTO DE TRES TIPOS DE SALES Y CUATRO NIVELES DE  
CONCENTRACIÓN SOBRE LA GERMINACIÓN DE *Ligustrum japonicum*.

Por:

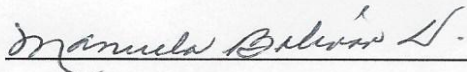
INÉS JAZMÍN DEL TORO JÁUREGUI

TESIS

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

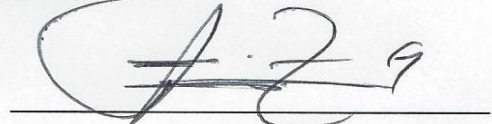
INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobado por el comité de tesis




Dra. Manuela Bolívar Duarte

Asesor Principal



M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

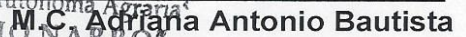
Coasesor



M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

Coasesor

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



M.C. Adriana Antonio Bautista

Coasesor



M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ingeniería.

Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Noviembre 2014

## DEDICATORIA

A mis Padres:

**Ma. Inés Jáuregui Cruz**

**Tobías Del Toro Delgadillo**

Por ser personas que admiro y respeto, Dios los bendiga.

A mis Hermanas y Hermano.

Por la admiración que les tengo y por ser mis amigos, **Daisy, Maritza y José María** Por el apoyo brindado en todo momento, Dios los bendiga.

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente a Dios por permitirme vivir éste logro y por todo lo que me ha dado en la vida.

A mis padres por educarme en la vida, por ayudarme y apoyarme para terminar mi carrera profesional.

A mis Hermanos, Gracias por estar presentes en mis decisiones, gracias también por sus consejos, por preocuparse por mí, por su apoyo, su confianza y por ser mis cómplices

A mi Alma Mater por cobijarme durante 5 años y por brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme en la vida profesional.

Gracias a la Dra. Manuela Bolívar Duarte por su apoyo para el desarrollo de éste proyecto también gracias por brindarme su confianza y por compartir su conocimiento y experiencia conmigo. Doctora, la admiro y respeto mucho.

Gracias al M.C Luis Rodríguez Gutiérrez por su confianza y por la magnífica asesoría que me brindó al realizar éste proyecto.

Al Dr. Juan Manuel Cepeda Dovala gracias por todos sus consejos y asesorías.

Gracias a Todos y cada uno de mis profesores por compartirme sus conocimientos y formarme profesionalmente.

A la M.C Adriana Antonio Bautista. Por su valiosa colaboración y por estar al pendiente siempre en todo el proceso del presente proyecto.

Gracias a la QFB. Ana Paola Moreno Garza que me brindó su total apoyo, siempre mostró disponibilidad para ayudarme durante la realización de mi tesis.

De manera especial quiero agradecer a la Secretaría del Medio Ambiente Coahuila Por darme la oportunidad de trabajar durante la primer etapa de este trabajo de investigación en Laboratorio de Análisis de Calidad de Semilla del Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila.

Gracias a mis amigos de generación y amigos en la vida Nora, Monce, Iris, Rodrigo, Héctor, Luis Manuel y Néstor, Muchachos gracias por todos los momentos que me permitieron compartir con ustedes, por los momentos de felicidad, los momentos tristes y por hacer de mi estancia en Saltillo un placer, los quiero, Dios los bendiga.

Gracias a Cinthia mi roommate mi paisana y mi amiga, por tantas aventuras, por sus consejos por las desveladas y las pláticas.

A Todos mis amigos cuyos nombres omití gracias por formar parte de mi vida, también los tengo muy presentes.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
Objetivo.....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
Descripción Botánica.....	4
Descripción de la Especie .....	4
Propagación.....	5
Distribución Geográfica.....	6
Importancia de <i>Ligustrum japonicum</i> .....	7
Aspectos Generales Sobre Reproducción Sexual .....	8
Semilla .....	8
Germinación.....	9
Importancia de la Germinación.....	10
Trabajos Relacionados Sobre Germinación de <i>Ligustrum</i> .....	10
Principales Factores que Afectan la Germinación de la Semilla y la Emergencia de las Plántulas.....	11
Factores Internos .....	11
Factores Ambientales.....	12
Salinidad .....	13
La Salinidad en México .....	14
Factores que Favorecen el Proceso de Salinización .....	14
El Proceso de Salinización.....	15
Conductividad Eléctrica.....	16
Efecto de la Salinización en la Germinación.....	16
Efecto de la Salinización en las Plantas.....	18
Efecto Específico de los Iones .....	19
Efecto del Cation Sodio (Na <sup>+</sup> ) .....	19
Efecto del Cation Magnesio (Mg <sup>++</sup> ) .....	20

Efecto del Cation Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) .....	21
Efecto del Anion cloro ( $\text{Cl}^-$ ) .....	21
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
Materiales Utilizados .....	22
Variables Evaluadas .....	25
Consideraciones Estadísticas .....	27
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>29</b>
Germinación Fisiológica .....	29
Plántulas Normales .....	40
Plántulas Anormales .....	43
Semillas Muertas.....	46
Longitud de Hipocótilo.....	49
Peso Seco.....	52
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>55</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>57</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Concentraciones requeridas para la preparación de los tratamientos.....	24
Cuadro 2. Porcentaje de germinación fisiológica de <i>L.japonicum</i> bajo tres tratamientos y 4 niveles de sales .....	32
Cuadro 3. Ecuaciones para predecir los días necesarios a la germinación de <i>Ligustrum japonicum</i> para $\text{CaCl}_2$ .....	33
Cuadro 4. Ecuaciones para predecir los días necesarios a la germinación de <i>Ligustrum japonicum</i> para $\text{MgCl}_2$ .....	36
Cuadro 5. Ecuaciones para predecir los días necesarios a la germinación de <i>Ligustrum japonicum</i> para $\text{NaCl}$ .....	37
Cuadro 6. Porcentaje de plántulas normales de <i>L.japonicum</i> bajo 3 tipos de sales diferentes y a 4 concentraciones; <b>Error! Marcador no definido.</b>	
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable plántulas normales.....	42
Cuadro 8. Porcentaje de plántulas anormales de <i>L.japonicum</i> bajo 3 tipos de sales diferentes y 4 concentraciones .....	44
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable de plántulas anormales.....	45
Cuadro 10. Porcentaje de semillas muertas de <i>L.japonicum</i> bajo 3 tipos de sales y 4 concentraciones.....	47
Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable de semillas muertas.....	48
Cuadro 12. Promedio de longitud de hipocótilo de plántulas de <i>L. japonicum</i> bajo 3 tipos de sales diferentes y 4 concentraciones .....	50

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable longitud de hipocótilo. ....	51
Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable peso seco.....	53
Cuadro 15. Tabla de comparación de medias de tratamientos para la variable de peso seco.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Germinación fisiológica de <i>L. japonicum</i> a diferentes concentraciones de $\text{CaCl}_2$ .....	29
Figura 2. Germinación fisiológica de <i>L. japonicum</i> a diferentes concentraciones de $\text{MgCl}_2$ .....	30
Figura 3. Germinación fisiológica de <i>L. japonicum</i> a diferentes concentraciones de $\text{NaCl}$ .....	31
Figura 4. Días a la germinación para $\text{CaCl}_2$ a una concentración de $1 \text{ dS.m}^{-1}$ . .....	34
Figura 5. Días a la germinación para $\text{CaCl}_2$ a una concentración de $2 \text{ dS.m}^{-1}$ . .....	34
Figura 6. Días a la germinación para $\text{CaCl}_2$ a una concentración de $3 \text{ dS.m}^{-1}$ . .....	35
Figura 7. Días a la germinación para $\text{CaCl}_2$ a una concentración de $4 \text{ dS.m}^{-1}$ . .....	35
Figura 8. Días a la germinación para $\text{MgCl}_2$ a una concentración de $1 \text{ dS.m}^{-1}$ . .....	36
Figura 9. Días a la germinación para $\text{MgCl}_2$ a una concentración de $2 \text{ dS.m}^{-1}$ . .....	37
Figura 10. Días a la germinación para $\text{MgCl}_2$ a una concentración de $3 \text{ dS.m}^{-1}$ . .....	37
Figura 11. Días a la germinación para $\text{MgCl}_2$ a una concentración de $4 \text{ dS.m}^{-1}$ . .....	37

Figura 12. Días a la germinación para NaCl a una concentración de 1 dS.m <sup>-1</sup> . .....	38
Figura 13. Días a la germinación para NaCl a una concentración de 2 dS.m <sup>-1</sup> . .....	39
Figura 14. Días a la germinación para NaCl a una concentración de 3 dS.m <sup>-1</sup> . .....	39
Figura 15. Días a la germinación para MgCl <sub>2</sub> a una concentración de 4 dS.m <sup>-1</sup> . .....	39
Figura 16. Porcentaje de plántulas normales germinadas de <i>L.japonicum</i> con tres tipos de sales y 4 diferentes niveles de concentración .....	40
Figura 17. Porcentaje de plántulas anormales de <i>L.japonicum</i> con tres tipos de sales y 4 diferentes niveles de concentración .....	43
Figura 18. Porcentaje de semillas muertas de <i>L.japonicum</i> con tres tipos de sales y 4 diferentes niveles de concentración .....	46
Figura 19. Gráfica de la variable de longitud de hipocótilo. ....	49
Figura 20. Gráfica de la variable de peso seco.....	52

## RESUMEN

La salinidad en México se presenta en las zonas áridas y zonas costeras principalmente y es uno de los problemas ambientales más antiguos que afecta la distribución y producción de los cultivos. El uso de agua de mala calidad y un mal drenaje, son factores favorecen el proceso de la salinización.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de tres tipos de sales ( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  y  $\text{NaCl}$ ) en la germinación de trueno (*Ligustrum japonicum*) con 5 diferentes niveles de salinidad (Testigo, 1, 2, 3 y 4  $\text{ds.m}^{-1}$ ).

Se consideraron para la evaluación, variables como: germinación fisiológica, plántulas normales, plántulas anormales, semillas muertas, longitud de hipocótilo y peso seco. El modelo estadístico utilizado fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 4 con un tratamiento extra.

De acuerdo a los resultados se obtuvo que la sal que presentó mejor germinación fisiológica fue  $\text{CaCl}_2$  2  $\text{dS.m}^{-1}$  seguida por  $\text{NaCl}$  a 1  $\text{dS.m}^{-1}$ . Para plántulas normales el porcentaje mayor se obtuvo con el testigo y bajo condiciones salinas  $\text{CaCl}_2$  a 2  $\text{dS.m}^{-1}$  consiguió el mejor resultado. Para plántulas anormales y semillas muertas  $\text{NaCl}$  y  $\text{MgCl}_2$  obtuvieron los porcentajes mayores. Para peso seco nuevamente  $\text{CaCl}_2$  a 2  $\text{dS.m}^{-1}$  fue la más exitosa y para longitud de hipocótilo, Cloruro de calcio también fue superior a las otras sales empleadas en el experimento.

El presente estudio demuestra que la germinación está influenciada por la naturaleza de los iones presentes en los tratamientos. Los efectos causados por las sales presentes fueron; toxicidad, anormalidad en inhibición de la germinación.

**Palabras Clave:** *Ligustrum japonicum*, germinación, pruebas, salinidad,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$  y Presión osmótica

## I. INTRODUCCIÓN

El agua ha jugado desde siempre un papel fundamental para la humanidad; el desarrollo de las grandes civilizaciones fue posible gracias a que éstas se asentaron en las márgenes de los grandes ríos y lagos.

Las situaciones de déficit hídrico son muy frecuentes en la vida de las plantas y de hecho, la disponibilidad hídrica resulta ser el primer factor limitante del crecimiento vegetal y del rendimiento de las cosechas en todo el mundo (Medrano et. al, 2007).

La agricultura es el uso que mayor demanda de agua tiene a nivel mundial, el riego de tierras agrícolas supone la utilización de un 70 por ciento. En los países en vías de desarrollo muchas veces el agua utilizada para regadío representa el 95 por ciento del total y juega un papel esencial en la producción y seguridad de los alimentos.

En México la problemática del agua radica en las dificultades que se tienen con suministro de agua potable, alcantarillado y saneamiento, contaminación tanto de aguas superficiales como subterráneas, problemas de inundaciones para ciudades y localidades situadas en cotas bajas, el reuso de aguas residuales y en la ineficiencia en el uso, principalmente en los sectores agrícola, pecuario y urbano (CNA 2007).

El agua utilizada en el sector agrícola puede ser proveniente de fuentes naturales o fuentes alternativas: las primeras incluyen el agua de lluvia y superficial de escorrentía, mientras que las fuentes alternativas de regadío incluyen el reuso de agua municipal y agua de drenaje, en cualquier caso la utilización de agua reciclada puede tener efectos adversos para la seguridad pública y el medio ambiente. Esto dependerá de la aplicación y uso que se le dé, de las características y limitaciones de suelo, condiciones y prácticas agrícolas.

El uso de agua reciclada para regar es una práctica común y la calidad de ésta es determinante para la producción en las plantas. Pero también la calidad de dicha agua incluye efectos en el suelo.

El uso de aguas residuales tratadas se ha enfocado principalmente al sector agrícola seguido por el piscícola pero cabe señalar que otra alternativa donde se emplea el agua de reuso es la producción forestal. Los volúmenes de agua requeridos dicha actividad son significativamente menores que los demandados por la acuicultura y la agricultura. Estos requerimientos dependen de las condiciones climáticas locales, características del suelo y requerimientos de la especie forestal manejada (Moscoso 2000).

Las prácticas de producción y manejo de las plantas forestales, en invernaderos, tienen gran ventaja para adquirir características morfológicas y fisiológicas encontradas, ya que tienen un rápido crecimiento inicial dentro del vivero como en su comportamiento en el sitio de la plantación.

La influencia de los sustratos sobre la germinación de semillas en las especies forestales ha tenido una atención especial por parte de los viveristas en un intento por encontrar el óptimo para cada una. La germinación de las semillas se encuentra fuertemente influenciada por las características físico-químicas del sustrato empleado, ya que puede favorecerla o entorpecerla.

En México, el problema de la salinidad se presenta fundamentalmente en las zonas áridas con riego y a lo largo de la costa, que abarcan gran parte del País. 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.

La salinidad no es un problema nuevo, sino uno de los problemas ambientales más antiguos de la humanidad que limita la distribución de las plantas en la naturaleza y la productividad de cultivos (Martínez et. al., 2010).

Como parte de la investigación sobre inclusión de agua de reuso utilizada para el riego de las especies en el vivero forestal municipal CECFOR del Estado de Coahuila de Zaragoza, se realizan trabajos para evaluar los efectos de la calidad del agua con las que son regadas sobre la germinación de diversas especies.

Martínez et, al., (2010) afirman que la salinidad limita los procesos germinativos y fisiológicos de los cultivos reduciendo el porcentaje de semillas germinadas, por ello con el presente trabajo se busca evaluar el efecto de la salinidad sobre la germinación y emergencia de la semilla de trueno, *Ligustrum japonicum*.

### **Objetivo**

Evaluar el efecto de tres tipos diferentes de sales;  $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$  y  $NaCl$  en la germinación de las semillas de *Ligustrum japonicum* (Trueno) con 5 niveles diferentes de salinidad; Testigo (agua destilada), 1, 2, 3 y 4  $ds.m^{-1}$ .



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Descripción Botánica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Oleaceae

Género: *Ligustrum*

Especie: *L. japonicum*

### Descripción de la Especie

El aligustre del Japón o *Ligustrum japonicum* es un arbusto de tronco algo retorcido y con tendencia a la inclinación, la corteza es lisa y grisácea en la juventud, en cambio en los ejemplares de más edad se torna más oscura y agrietada. Las hojas son perennes, aunque en los años fríos pueden llegar a perder bastante follaje, son opuestas, simples, enteras, ovaladas, de ápice acuminado, con 4-10 centímetros de largo, con un peciolo corto (de 1-1,5 centímetros) y de base cuneada o ligeramente redondeada con el nervio central muy evidente, el color es verde oscuro y brillante en el haz y de un tono más pálido y opaco por el envés (De Juana, 2009).

El autor anterior en su descripción también menciona que las flores son pequeñas, numerosas, de coloración blanquecina, amarillenta o verdosa, son sésiles o cortamente pediceladas, algo olorosas y están agrupadas en ramilletes terminales (tirso). Tienen el cáliz acampanado, truncado, con cuatro dientes de 1,3-1,8 milímetros; la corola es acampanada, simpétala, con cuatro lóbulos de 3-4 milímetros, androceo con dos estambres insertos en la boca del tubo de la corola, el gineceo tiene un ovario biloculado, con dos rudimentos

seminales en cada lóculo. Son hermafroditas y florecen a finales de primavera o a principios de verano.

El fruto crece en racimo, son pequeñas drupas globosas y jugosas (bayas) de color negro-azulado, forma elíptica algo irregular y del tamaño de un guisante (5 milímetros) con sabor muy amargo. Fructifica a finales del verano, de septiembre a octubre y después permanece mucho tiempo sobre el árbol. Algunas veces se han utilizado como colorantes en vinos (Nesom, 2009).

Clima; El aligustre del Japón es de clima templado, pero se ha visto que tolera bajas temperaturas.

## **Propagación**

Propagación por semillas; la recolección de semilla debe ser de Septiembre a Diciembre recogiéndola manualmente del suelo o utilizando herramienta y procurar su conservación a una temperatura de 4°C en envase hermético (Prada et. al., 2008)

Como tratamiento pregerminativo se recomienda la estratificación en frío (8-12 semanas). La recomendación si se desea producción en vivero, es: realizar la siembra en otoño (sin tratamiento) o a principios de primavera (con tratamiento).

Propagación vegetativa; el aligustre se reproduce fácilmente de forma vegetativa, es conveniente realizar el estaquillado directamente en el contenedor al final del invierno para prevenir el daño por heladas. Hansen y Kristiansen (2000) citado por Prada (2008) recomiendan recolectar el material semileñoso al final del verano ya que la capacidad de enraizamiento del material recolectado a partir de Octubre disminuye rápidamente. Posiblemente el aligustre pueda ser propagado empleando estacas de su sistema radical, ya que es una especie que es capaz de producir naturalmente rebrotes de raíz (Prada et al 2008).

Hartmann & Kester (1999) señalan que, *Ligustrum spp* se propaga fácilmente por semillas. Las semillas limpias se deben estratificar antes de la siembra durante 2 a 3 meses a temperatura de 0 a 10°C. Las estacas de madera dura de la mayoría de las especies plantadas en primavera enraízan con facilidad, al igual que las estacas de madera suave puestas a enraizar bajo vidrio en el verano. El trueno japonés (*L. japonicum*) es un poco difícil de iniciar por estacas, obteniéndose los mejores resultados de brotes terminales en crecimiento activo más bien que de madera más madura.

### **Distribución Geográfica**

Su distribución nativa se sitúa en la Cuenca Mediterránea y Norte de Europa, Oeste, Este y Sur- Este de Asia, Malasia y Australia, la disyunción geográfica de la especie y algunos otros géneros puede deberse a varias razones, una a que la diseminación se hubiera realizado a gran distancia; debida a las aves, por ejemplo (De Juana, 2009).

*L. japonicum* está distribuido en algunos lugares de los Estados Unidos; al sureste de Maryland, Florida, el Oeste de Texas, en Tennessee (considerada una mala hierba), es cultivada en Hawai, Arkansas y también está presente en el Jardín Botánico Missouri (Starr et. al., 2003).

Nesom (2009) menciona al *L. japonicum* como una de las especies naturalizadas para Norte América en el Norte de México.

#### Distribución en México.

Especie nativa de Japón y Corea el *L.japonicum* igual que otras especies de aligustres, fueron introducidos al continente Americano en el siglo XIX y se encuentra ampliamente distribuido en el nuestro país por su alta capacidad de adaptabilidad.

Se utiliza como árbol de alineación de calles y avenidas, así como en estacionamientos o para hacer setos vivos (SEMARNAT 2009) y también lo podemos encontrar dentro de las especies arbóreas en los parques de las zonas urbanas de las ciudades de México (Pimienta et. al., 2012)

### **Importancia de *Ligustrum japonicum***

Entre Japón y Corea *L. japonicum* es el más extendido, su aplicación en jardinería y arbolado urbano es tan enorme que prácticamente está en todo el mundo. Las causas de su carácter invasor se deben a que esta especie es más florífera que las plantas nativas y posee más cantidad de frutos para ser dispersados con un gran poder germinativo. Además, éstos maduran en invierno, época en la que los recursos alimenticios escasean por lo que, aunque tiene un porcentaje bajo de nutrientes aprovechables para las aves hay una relación pulpa/semilla relativamente baja, su éxito reproductivo es mayor.

El *Ligustrum* spp se extendió rápidamente en su forma arbustiva y de matorral ya que son capaces de competir contra plantas nativas impidiendo su regeneración.

La gran distribución de éste género se debe a que se adapta a distintos hábitats tales como; a lo largo de las carreteras, campos viejos, bordes de bosques de pinos, bosques bajos, áreas perturbadas, matorrales, arroyos, zonas húmedas y zonas costeras (Starr et. al., 2003).

Se adapta fácilmente a la mayoría de los suelos, sobre todo a la generalizada caliza no tiene problemas de plagas ni enfermedades de importancia y soporta muy bien la contaminación ambiental de la ciudad (Silla, 2002).

La madera de éste es dura y elástica por lo que puede servir para fabricar objetos torneados.

## **Aspectos Generales Sobre Reproducción Sexual**

### **Semilla**

Mesa (1965) citado por Gaytán (2001) define a la semilla como el producto de la fecundación del óvulo en el ovario de la flor por parte del polen procedente de las anteras o sacos polínicos ubicados en el mismo árbol o en otro adyacente.

La semilla es la unidad básica de reproducción en la angiosperma, donde el embrión se establece en el gametofito femenino (Mirov, 1967) citado por Gaytán (2001).

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 (Peñuelas y Ocaña 2000) citados por (Jiménez, 2010).

Las características más frecuentes en la semilla son: tamaño, forma, peso y que sea lo más homogénea posible

La calidad de la semilla es un término relativo y significa el grado de excelencia cuando se compara con un estándar aceptable (Fernández, 1985). Es un concepto múltiple que puede ser calificado particularmente a partir de ciertos atributos como: pureza varietal, germinación, vigor, sanidad, apariencia, uniformidad, pureza física, grado de daño mecánico, estado de madurez, entre otros (Alcocer, 2000).

## **Germinación**

Sánchez (2002) define a la germinación como la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la semilla, la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales del embrión, que es indicativo de la habilidad de producir una planta normal bajo condiciones favorables. Sin embargo otros consideran que es la reanudación del crecimiento activo del embrión, produciendo la ruptura de la cubierta y produciendo la emergencia de una planta joven.

Para Hartmann & Kester (1999) la germinación es el proceso de reactivación de la maquinaria metabólica de la semilla y la emergencia de la radícula y de la plúmula, conducentes a la producción de una plántula. Los mismos autores mencionan que el éxito de la germinación depende del grado en que se satisfagan las siguientes condiciones:

- La semilla debe mantener la cultivar o especie que el propagador desea cultivar.
- La semilla debe ser viable, nos indica que el embrión debe estar vivo y debe capaz de germinar.
- Se debe superar cualquier condición de letargo.
- La semilla deberá estar expuesta a las condiciones ambientales debidas, como lo son: humedad, temperatura, oxígeno, luz u oscuridad.

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

Germinación fisiológica. Se consideran semillas germinadas cuando su radícula emergió 0.5 cm (Young et al 1983) citado por (Michel 1992).

## **Importancia de la Germinación**

Según Alcocer (2000) la germinación representa un aspecto fundamental en el ciclo de vida de la planta y su rendimiento. Sembrar semillas que no nacen o que son de poca viabilidad es una pérdida de tiempo y dinero, para ahorrar ambas cosas, se hacen pruebas de germinación en el laboratorio. Estas pruebas están diseñadas para indicar tan cercanamente como sea posible, la proporción que se espera que brote y se desarrolle para formar plantas.

El objetivo de las pruebas de germinación es obtener información con respecto a la capacidad de las semillas de producir plántulas. Además éstas pruebas permiten hacer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie, normalmente no es satisfactorio probar la germinación bajo condiciones de campo, ya que no es posible repetir con seguridad los resultados, por lo tanto, los métodos de laboratorio han sido desarrollados de tal manera que sea posible controlar la mayoría de las condiciones externas. Esto permite obtener resultados uniformes y rápidos sobre la germinación de muestras de semillas de una determinada especie (Moreno, 1984) citado por (Alcocer, 2000).

## **Trabajos Relacionados Sobre Germinación de *Ligustrum***

El trabajo realizado por Paola G. Mozzi y Gisel S. Pereyra en el 2003 con semillas de *Ligustrum lucidum* la influencia de remojar durante 48 horas en agua las semillas sobre el tiempo de germinación. Se realizaron mediciones de porcentaje de germinación a los 30, 53, 60, 70, 77 y 81 días posteriores a la siembra.

Los datos de analizaron estadísticamente a través de un análisis de varianza. En el estudio realizado pudieron observar que los porcentajes de

germinación incrementaron hasta la última medición en el tratamiento de remojo por 48 horas.

A los 53 días no encontraron diferencias significativas, a los 60, 70, 77 y 81 días el tratamiento de remojo fue significativamente mejor que el testigo.

## **Principales Factores que Afectan la Germinación de la Semilla y la Emergencia de las Plántulas**

### **Factores Internos**

**Latencia.** Existen diferentes factores inherentes a la semilla que afectan su germinación. La latencia es un factor que impide a las semillas germinar hasta que las condiciones que la rodean sean las más favorables posible. Según Gaytán (2001) existen tres tipos de latencia en semillas:

- Latencia morfológica o latencia exógena. Es originada por tegumentos impermeables al agua y al paso de los gases así como tegumentos resistentes a la acción mecánica.
- Latencia fisiológica o latencia endógena. Ocasionada por embriones fisiológicamente inmaduros, inhibidores químicos.
- Doble latencia. Ésta se origina por la combinación de latencia morfológica y latencia fisiológica.

Ecológicamente se piensa que los mecanismos de control de la germinación se han originado como mecanismos para la supervivencia en la naturaleza (Hartmann & Kester, 1999).

**Viabilidad.** Para el autor anterior la viabilidad es una característica fisiológica de la semilla mediante el cual es potencialmente capaz de germinar. Esta cualidad se ve influida por factores que actúan antes y después de la maduración de las semillas, todas las semillas pasan por un periodo en el cual



su viabilidad permanece más o menos constante aunque con tendencia natural a disminuir.

Jiménez (2010) reporta que la viabilidad de las semillas es el periodo de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Este periodo es variable y depende del tipo de semillas y de las condiciones de almacenamiento.

### **Factores Ambientales**

**Agua.** La cantidad de agua que requieren algunas semillas para germinar varían con la especie, pero en términos generales, un suelo que contenga 40 por ciento de humedad es adecuado para que germinen la mayoría de las especies, un exceso en el contenido de humedad del suelo puede ocasionar que la semilla no germinen a causa de un suministro deficiente de oxígeno, necesario en este proceso fisiológico (Niembro, 1988) citado por Jiménez (2010).

**Aireación.** Los gases que en el medio de 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 pueden tener sus poros tan saturados de agua que hay poco oxígeno para las semillas (Hartmann & Kester, 1999).

**Temperatura.** Gaytán (2001) Menciona que la temperatura es tal vez el factor más importante que regula la germinación y el crecimiento subsecuente de las plantas, aunque debe señalarse que las semillas no solo son afectadas por temperaturas máximas o mínimas sino también por fluctuaciones estacionales (verano-invierno) o diarias (día-noche).

**Luz.** Desde hace tiempo se sabe que la luz puede estimular o inhibir la germinación de las semillas de algunas plantas (Hartmann & Kester 1999).

El efecto de la luz sobre las semillas depende de condiciones internas de ésta y de algunos factores externos como la temperatura bajo la cual germinan la germinación a la luz es de tres tipos según (Krugmann, 1974) citado por (Gaytán 2001):

- Mejor germinación bajo luz continua.
- Mejor germinación bajo escasa iluminación
- Germinación indiferente bajo presencia o ausencia de luz.

Así mismo, la luz también afecta los procesos de crecimiento de la plántula y tiene gran importancia en la emergencia de ésta a través del suelo.

## **Salinidad**

(Richards, 1988) citado por González (2009) menciona que todos los suelos contienen sales solubles, algunas de las cuales son esenciales para el crecimiento de las plantas. Salinidad puede ser definida como la concentración excesiva de sales solubles que limitan el crecimiento de las plantas. Esta limitación es mayor a medida que aumenta la concentración de sales hasta provocar la muerte de las mismas. La salinidad induce cambios en la anatomía, morfología y fisiología de las plantas, los cuales a menudo se consideran como adaptaciones que incrementan las oportunidades de éstas para sobrevivir al estrés salino, aunque también son signos del daño y de alteración fisiológica. Se ha demostrado que afecta la tasa de germinación, ramificación y tamaño de hojas.

## **La Salinidad en México**

En México, predominan los suelos salinos y sódicos debido a las condiciones ambientales, se distribuyen ampliamente en valles cercanos a las costas, estuarios ribereños, en zonas áridas y semiáridas, el problema se deriva de un mal manejo del agua de riego, donde los suelos presentan drenaje deficiente, evaporación alta y mala calidad del agua debido al uso de las aguas residuales, la superficie afectada por salinidad es el 10 por ciento del área irrigada y de ésta, aproximadamente el 65 por ciento se localiza en el norte del país (Fernández,1972).

El mismo autor afirma que el problema se localiza fundamentalmente en la zonas áridas sin embargo, también hay suelos salinos en regiones húmedas la principal sal que participa en la salinización es el cloruro de sodio.

### **Factores que Favorecen el Proceso de Salinización**

En el proceso de salinización, las sales presentes en los suelos proceden de la intemperización de rocas y minerales que constituyen la corteza terrestre; de estos elementos, los que participan en las sales de los suelos salinos son: Ca, Mg, Na, K, Cl, S, C, N, B e I y con menor frecuencia Cu y Zn. Por otra parte, los factores secundarios incluyen prácticas inadecuadas de riego y la aplicación intensiva de fertilizantes. La concentración en el suelo fluctúa constantemente debido a cambios en el suplemento de agua, drenaje y evapotranspiración además, la salinidad no sólo es causada por el NaCl sino también por  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$  y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y las relaciones de estas sales con cationes como  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  (Richards, 1988) citado por (Gonzáles, 2009).

## **El Proceso de Salinización**

El proceso de salinización de un suelo está condicionado por los siguientes factores.

**El drenaje restringido.** Éste es un factor que frecuentemente contribuye a la salinización de los suelos y que puede llevar consigo la presencia de una capa freática poco profunda o una baja permeabilidad del suelo. La baja permeabilidad puede deberse a textura o estructura desfavorables o a la presencia de capas endurecidas que pueden estar constituidas por arcilla compacta, por caliche o por una capa de sílice muy dura (D.A.E.U.A, 1994).

**Agua de mala calidad.** Las aguas para riego pueden contener de 0.1 a 5 toneladas de sal por hectárea en una lámina de 30 centímetros de agua y la aplicación anual puede ser de hasta 1.5 metros o más. De esta manera, en períodos de tiempo relativamente cortos, pueden agregarse a los suelos cantidades considerables de sales solubles. El uso de aguas salinas apresura el proceso de salinización y se puede presentar 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 la zona donde se desarrollan las raíces (De la Peña, 1980).

**Aguas Freáticas superficiales.** El autor anterior también menciona que cuando la capa freática contiene altos contenidos salinos se favorece el proceso de salinización con el ascenso capilar.

La capa freática poco profunda casi siempre guarda una estrecha relación con la topografía del terreno. Debido a la baja precipitación de las regiones áridas, las corrientes de drenaje superficial están poco desarrolladas y en consecuencia existen depresiones sin drenaje. Bajo tales condiciones, el movimiento ascendente del agua subterránea o la evaporación del agua superficial da origen a la formación de suelos salinos (D.A.E.U.A, 1994).

**El Clima.** La alta evaporación y bajas precipitaciones, evitan el lavado natural de las sales (De La Peña, 1980).

**Topografía.** Las topografías accidentadas y las variaciones geológicas y edafológicas facilitan la formación de acuíferos y represamientos superficiales que incrementan el proceso de salinización (D.A.E.U.A, 1994).

### **Conductividad Eléctrica**

En 1897 Whitney y Means estimaron las sales solubles del suelo midiendo su resistencia eléctrica. En 1954 el laboratorio de salinidad de los Estados Unidos, reportó el uso de la conductividad eléctrica para determinar la concentración total de sales solubles en el agua de riego.

Este índice se usa con propósitos de diagnóstico y clasificación, tanto de suelos como de aguas, por ser una medida indirecta de la presión osmótica. Su gran difusión es debida a la facilidad y rapidez con que puede ser determinado (Aceves 1979).

### **Efecto de la Salinización en la Germinación**

González (2009) Afirma que bajo condiciones de salinidad, uno de los principales problemas es tener un porcentaje de germinación adecuado, estas condiciones deben considerarse ya que si el porcentaje de germinación es bajo, el cultivo puede fracasar. 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 y etapas posteriores de desarrollo.

El mismo autor menciona que en la literatura se ha considerado la emergencia de la radícula y coleóptilo de la cubierta de la semilla, como un criterio para la germinación, con este criterio se ha considerado que la germinación ha ocurrido después de un día de la plantación.

Desde el punto de vista agronómico la germinación se considera realizada cuando las plantas afloran a la superficie del suelo, lo cual a veces no ocurre en aéreas con sales, en las cuales las semillas producen raíces y parte del coleóptilo y éste nunca aparece en la superficie. Existen tres etapas en el proceso de germinación en las cuales las sales pueden tener influencia (Aceves, 1979):

**1. Heterotrófica:** ocurre desde la imbibición de las semillas hasta la iniciación de la fotosíntesis y durante ésta, la plántula se alimenta de las reservas del endospermo.

**2. Transición:** se inicia el desarrollo de la plántula, la cual se alimenta de compuestos orgánicos complejos obtenidos del remanente del endospermo y productos fotosintetizados.

**3. Autotrófica:** la plántula ha consumido el endospermo y su alimentación depende completamente de los productos fotosintetizados por ella misma. Las semillas son sensibles a la salinidad en las fases heterotrófica y autotrófica; en la primera, puede inhibirse la imbibición de agua, por las sales, ya que el embrión no dispone de agua debido a la presión osmótica elevada del medio o bien, puede morir por el efecto tóxico de ciertos iones. En la segunda, la planta tiene que obtener nutrientes del suelo conjuntamente con sales que pueden ocasionar su muerte.

Niveles moderados de sales en el suelo generalmente, retardan la germinación sin afectar el porcentaje de la misma, pero concentraciones elevadas retardan la germinación y además afectan notablemente el porcentaje de emergencia, dependiendo del cultivo. La salinidad edáfica afecta la

germinación al dificultar la adsorción de agua y favorecer la entrada de iones en cantidades tóxicas (Ayers, 1952) citado por (González 2009).

La tolerancia de los cultivos a la concentración de sales durante la germinación, depende de la especie y de la concentración y tipo de sales (Jiménez, 2010).

### **Efecto de la Salinización en las Plantas**

En diferentes experimentos se ha reportado que la salinidad en el suelo crea condiciones desfavorables para el desarrollo de las plantas, y los mecanismos propuestos son efectos tóxicos, reducción en el suministro de agua a la planta causando lo que se conoce como sequía fisiológica. Sin embargo es difícil diferenciar entre el efecto tóxico y el efecto osmótico producido por las sales en el requerimiento de agua por la planta (González, 2009).

A diferencia del daño secundario por sales (deshidratación osmótica o diferencias nutrimentales), el daño primario involucra efectos tóxicos específicos, directamente en la membrana exterior (plasmalema) o después de la penetración a través de la membrana, dentro del protoplasto. Mientras que los daños por estrés osmótico son impedidos con la absorción, el daño primario por sales aumenta con la absorción de éstas (Levitt, 1980) citado por (González, 2009). Lo anterior ha sido comprobado comparando soluciones isotónicas de sales y solutos orgánicos.

El ensalitramiento de los suelos produce condiciones extremadamente desfavorables para el desarrollo de las plantas. La acumulación excesiva de sales solubles en la zona radical, es un factor limitante de la producción de la agricultura bajo riego (De La Peña, 1980).

Aceves (1979) asegura que de acuerdo a la reacción de las plantas a la salinidad, éstas pueden dividirse en halófitas y glicófitas. Las primeras son

plantas que se desarrollan en hábitats salinos a los cuales se han adaptado durante su ontogénesis, debido a las características y propiedades desarrolladas durante su proceso evolutivo en respuesta a las condiciones prevalecientes. Mientras tanto las segundas, son plantas que se desarrollan en hábitats no salinos y su desarrollo está limitado a su habilidad de adaptación a la salinidad durante su crecimiento individual.

## **Efecto Específico de los Iones**

### **Efecto del Cation Sodio ( $\text{Na}^+$ )**

Aun cuando el sodio no se considera como esencial para el crecimiento de las plantas, resulta benéfico para algunas de ellas. Tiene una importancia especial en relación a los problemas alcalinos Chapman (2000).

Las especies de plantas varían ampliamente respecto a las cantidades de sodio que pueden acumular y varias de ellas tienden a excluir de sus hojas al sodio. Realmente se ha informado de muy pocos casos de toxicidad por este elemento, sin embargo (D.A.E.U.A 1994) reporta que en datos inéditos por Wadleigh y Gauch indican que las quemaduras foliares en variedades de algodón sensibles a las sales están estrechamente relacionadas al contenido de sodio en las hojas.

(Levitt, 1980) citado por González (2009) indica que las sales sódicas provocan mayor castigo salino que otras sales, especialmente  $\text{NaCl}$ . El sodio intercambiable en concentraciones mayores del 15 por ciento ejerce su mayor efecto en el crecimiento de las plantas, por la dispersión del suelo, los coloides dispersos hacen de éste poco permeable o impermeable y forman costras superficiales duras cuando se seca.

El aumento en el contenido de  $\text{Na}^+$ , generalmente, altera el balance nutricional y la regulación osmótica causando una toxicidad específica por iones.



Es el balance iónico en un medio de crecimiento, más que el contenido absoluto de  $\text{Na}^+$ , el que determina la tolerancia a la salinidad por las plantas; un aumento de sodio generalmente, hace disminuir el contenido de  $\text{K}^+$ , sugiriendo un antagonismo entre  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ . De igual forma, niveles altos de  $\text{Na}^+$ , reducen la actividad del  $\text{Ca}^{++}$  en solución y pueden desplazar a este elemento desde el plasmalema de las células radicales (Alam, 1994) citado por (González 2009).

Un trabajo realizado en 2013 para evaluar el efecto de  $\text{NaCl}$  sobre el crecimiento y el estado nutricional de papaya afirma que; “Las concentraciones de  $\text{NaCl}$  en el agua de riego superiores a  $4,0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  de conductividad eléctrica, afectan negativamente el crecimiento de las plantas de papaya Maradol.” <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85728427004>.

### **Efecto del Cation Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )**

El magnesio interviene en varias funciones vitales para la planta como la formación de ATP en los cloroplastos, fijación fotosintética de dióxido de carbono, formación de clorofila, participación y asimilación de los productos de la fotosíntesis, fotooxidación de los tejidos en las hojas. En consecuencia varios procesos fisiológicos y bioquímicos se alteran con la cantidad existente de magnesio en la planta (Rojas, 1977).

El D.A.E.U.A (1994) dice que altas concentraciones de  $\text{Mg}$ . en el sustrato, frecuentemente son más tóxicas a las plantas, que las concentraciones isosmóticas de sales neutrales. Esta toxicidad de magnesio se puede atenuar con la presencia de concentraciones relativamente elevadas de iones de calcio en el sustrato.

### **Efecto del Cati3n Calcio (Ca<sup>++</sup>)**

Chapman (1973) menciona que el calcio soluble es conocido como un requerimiento para el desarrollo normal de la ra3z. El calcio adem3s es un componente estructural en la pared celular por lo tanto es fundamental para la formaci3n de nuevas c3lulas.

El efecto de concentraciones elevadas de iones de calcio en soluciones de suelos salinos, var3a con las especies. Algunas como el guayule son m3s tolerantes a las adiciones de sales de calcio que a otras sales (D.A.E.U.A, 1994).

Wadleigh y sus colaboradores (1951) informaron que existe toxicidad espec3fica por sales de calcio agregadas a suelo en el que se cultiv3 pastu Orchard.

### **Efecto del An3n Cloro (Cl<sup>-</sup>)**

El Cl<sup>-</sup> es un micronutriente que recientemente se ha caracterizado como esencial para el desarrollo de las plantas superiores. Sin embargo, existen evidencias de la toxicidad espec3fica de este i3n, sobre todo, en frutales como durazno, nogal, c3tricos, aguacate y vid (Aceves, 1979).

La acumulaci3n del ion cloruro en los tejidos de las plantas que manifiestan s3ntomas de toxicidad, no es una indicaci3n infalible de la toxicidad espec3fica del cloruro. Muchas especies de plantas no son m3s sensibles a cloruros que a concentraciones de sulfatos. Sin embargo existe buena evidencia de la toxicidad espec3fica de los cloruros para algunos 3rboles y cultivos de gu3a (D.A.E.U.A, 1994).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en los meses de Junio a septiembre del 2013 en el Laboratorio de Análisis de Calidad de Semilla del Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila, perteneciente a la Secretaría del Medio Ambiente del gobierno del estado de Coahuila de Zaragoza. Ubicado en el kilómetro 2.5 de la carretera a Zacatecas en la Ciudad de Saltillo. Geográficamente sus coordenadas son: Latitud 25°22'29.7'' Norte y Longitud 101°00'42.7'' Oeste a 1757 msnm.

La preparación de los tratamientos se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad de Aguas del Departamento de Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

#### **Materiales Utilizados**

**Semillas.** Para este estudio se empleó semilla de *Ligustrum japonicum*, de la reserva que se tiene en el Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila.

Fecha de colecta: Enero 2012

Procedencia: Parque central de Parras de la Fuente, Coah.

**Sales.** Se utilizaron tres tipos de 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 se emplearon tres tipos de sales, cada una de estas en 4 concentraciones distintas y tres repeticiones cada tratamiento.

**Cámara de germinación.** Se utilizó una cámara de germinación de alta capacidad con las siguientes condiciones; temperatura de 25° C, humedad del 5 por ciento y 12 horas luz y 12 horas de oscuridad.

**Horno de secado.** Se empleó un horno de secado, para determinar peso seco en las plántulas. Se manejó a una temperatura de 70° C durante 24 horas.

**Desecador.** Para mantener secas y deshidratadas las muestras después de meterlas al horno de secado y mientras se pesaban en la balanza analítica.

**Balanza Analítica.** Se utilizó para obtener con precisión el peso de las muestras.

**Cajas Petri esterilizadas.** En estas cajas se depositaron las semillas durante el experimento. El material de las cajas utilizadas fue plástico y Tenían una medida de 100 x 15 milímetros

**Substratos.** Como medios de germinación se emplearon substratos de algodón (como cama absorbente) y papel filtro esterilizado dentro de la caja.

### **Unidad experimental**

Caja Petri con 20 semillas de *L.japonicum* puestas sobre una cama absorbente de algodón y papel filtro además del tratamiento correspondiente.

### **Preparación de las Sales**

La cantidad de solutos requeridos para preparar las diferentes soluciones salinas (cuadro 1.) se determinó utilizando las siguientes ecuaciones (Bolívar, 2011).

$$\text{meq/L} = 10 (\text{C.E} \cdot 10^3)$$

Donde:

meq/L es la concentración en la solución (miliequivalentes por litro)

(C.E\*10<sup>3</sup>) es la C.E del extracto de saturación en mmhos/cm o dS.m<sup>-1</sup>.

$$\text{ppm} = 0.64 (\text{C.E} \cdot 10^6)$$

Donde:

ppm es la concentración de sales en las soluciones en partes por millón.  
 $(\text{C.E} \cdot 10^6)$  es la CE de extracto de saturación en  $\mu\text{S/cm}$ .

$$\text{P.O} = 0.36 (\text{C.E} \cdot 10^3)$$

Donde:

P.O es la presión osmótica requerida para preparar las soluciones para cada concentración osmótica.

$(\text{C.E} \cdot 10^3)$  es la C.E del extracto de saturación en  $\text{mmhos/cm}$  o  $\text{dS.m}^{-1}$ .

En el cuadro 1 se resume la preparación de los tratamientos, con los distintos tipos de sales y las cantidades requeridas para cada concentración.

Cuadro 1. Concentraciones requeridas para la preparación de los tratamientos.

C.E	meq/l	P.O	Tratamientos		
			(NaCl) gr/100ml	(CaCl <sub>2</sub> ) gr/100ml	(MgCl <sub>2</sub> ) gr/100 ml
dS/m	meq/l	bares			
1	10	0.36	0.058 gr	0.055 gr	0.047 gr
2	20	0.72	0.116 gr	0.110 gr	0.094 gr
3	30	1.08	0.174 gr	0.165 gr	0.141 gr
4	40	1.44	0.232 gr	0.220 gr	0.188 gr

## **Preparación de la Semilla**

Las semillas fueron seleccionadas de tamaño y color uniforme para la germinación de *Ligustrum japonicum*. Cabe mencionar que dichas semillas no recibieron ningún tratamiento previo al proceso germinativo.

## **Siembra**

- Se colocaron 20 semillas sobre una cama de algodón y papel filtro esterilizado previamente humedecida con los distintos tratamientos, dentro de cada caja Petri.
- De cada tratamiento se hicieron tres repeticiones.
- Una vez colocadas las semillas en las cajas Petri, éstas se introdujeron a la cámara de germinación a una temperatura de 25°C y una humedad de 5%.
- A los 70 días se hizo la evaluación final, anotando el número de plántulas normales y germinación fisiológica.
- Se hicieron las mediciones de hipocótilo.
- Se llevaron a peso seco las plántulas normales a una temperatura constante de 70° C por 24 horas, luego se pasaron 15 minutos al desecador y posteriormente se tomó peso seco.

## **Variables Evaluadas**

**Germinación fisiológica.** Se tomaron en cuenta para este conteo las semillas que presentaron una radícula de más de 0.5 centímetros.

**Plántulas Normales.** Se consideran plántulas normales aquellas que poseen sus estructuras esenciales para producir una plántula en sustrato bajo

condiciones de agua, luz y temperatura. Esta variable se midió cada 14 días, durante el desarrollo de toda la prueba.

**Plántulas Anormales.** Las que no se pueden clasificar como normales por tener alguna deficiencia en desarrollo de sus estructuras esenciales, lo que les impide su desarrollo cuando crece en sustrato y en condiciones favorables de agua, luz y temperatura se capturaron dentro de ésta variable.

**Semillas Muertas.** Aquéllas que no germinen y que no se les clasifique como latentes o duras, deberán ser consideradas como semillas muertas. Esta variable se registró al final de la prueba.

**Longitud del Hipocótilo.** La parte del tallo de la plántula situado entre los cotiledones y la raíz primaria, la longitud del hipocótilo se les determinó a las plántulas normales resultantes de la prueba de germinación. La medición de esta variable se realizó al final de la prueba para cada tratamiento, utilizando una regla graduada y los resultados se expresan en centímetros.

**Peso Seco de la Plántula.** Las plántulas medidas en cada tratamiento, se colocaron en bolsas de papel estraza previamente perforadas y perfectamente identificadas. Posteriormente se introdujeron a la estufa donde permanecieron por un período de 24 horas a una temperatura constante de 70°C. Después del secado en la estufa las plántulas se llevaron al desecador donde permanecieron 15 minutos antes de ser pesadas en la balanza analítica.

## Consideraciones Estadísticas

Para el análisis de las variables consideradas en el presente trabajo (plántulas normales, plántulas anormales, semillas muertas, longitud de hipocótilo y peso seco). El modelo estadístico fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 4 con un tratamiento extra.

### Siendo:

Factor A: Sales.

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

Repeticiones: 3

Modelo estadístico:

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

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

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

$k = 1, 2, 3$  Número de repeticiones

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tipo de sal

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo valor de conductividad eléctrica

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

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental



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

Transformación logarítmica.

$$\log (y)$$

Donde (y) es el valor entero y positivo del dato a transformar

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

$$\log (y+1.5)$$

El análisis estadístico se realizó utilizando el software de hoja de cálculo Excel 2013 para obtener el análisis de varianza (anova), en cada caso según la variable evaluada y se procedió a hacer la prueba estadística de comparación de medias con la prueba de “Tukey” cuando fue necesario.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Germinación Fisiológica

A pesar de que para el presente experimento se determinó a un plazo de 70 días para la germinación de *L.japonicum* en ninguno de los tratamientos se logró obtener el 100 por ciento de semillas germinadas, incluso en condiciones normales es decir en el testigo. Como se muestra en la Figura 1.

Bajo condiciones salinas el porcentaje más alto de germinación fisiológica se obtuvo con el T1 CaCl<sub>2</sub> y concentración intermedia de 2 dS.m<sup>-1</sup> lográndose el 30 por ciento al 70avo día. Seguido por el porcentaje alcanzado en la concentración salina más baja del T1 es decir 1 dS.m<sup>-1</sup> reportándose para ésta un 21.6 por ciento. Para las concentraciones más altas de CaCl<sub>2</sub> 3 y 4 dS.m<sup>-1</sup> se obtuvo un 18 por ciento y un 15 por ciento respectivamente en el mismo periodo de tiempo.

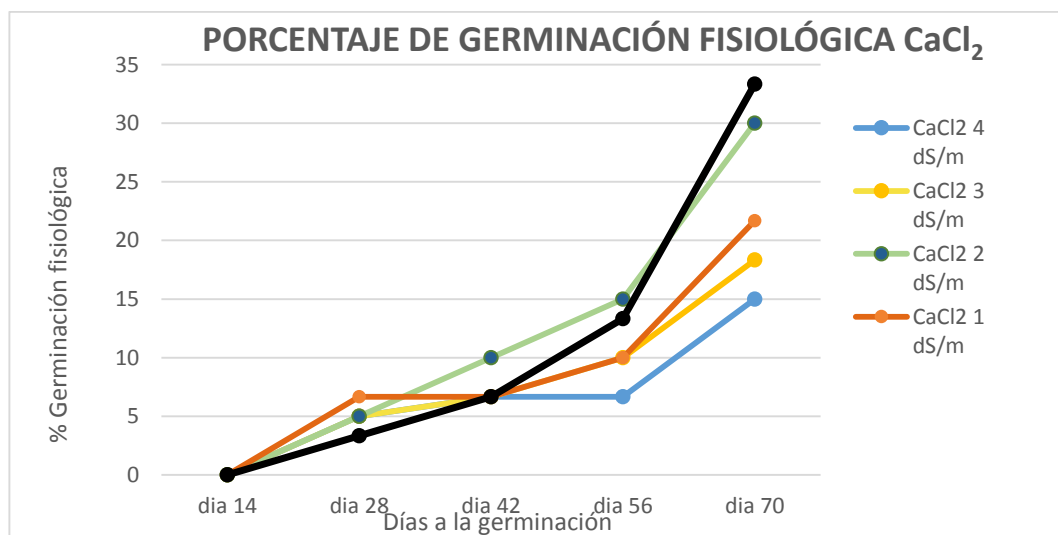


Figura 1. Germinación fisiológica de *L. japonicum* a diferentes concentraciones de CaCl<sub>2</sub>

Si tomamos en cuenta los días que tardó la semilla para germinar en condiciones normales (testigo), podemos decir que esta sal ( $\text{CaCl}_2$ ) aceleró la germinación de las mismas.

Para el T2 ( $\text{MgCl}_2$ ) con las concentraciones 3 y 4  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  se obtuvo el mejor porcentaje para esta variable ya que en éstos dos niveles de salinidad el porcentaje fue igual al 70avo día, registrándose 21.67 por ciento.

El comportamiento de esta sal para la variable de germinación fisiológica lo podemos observar en la figura 2.

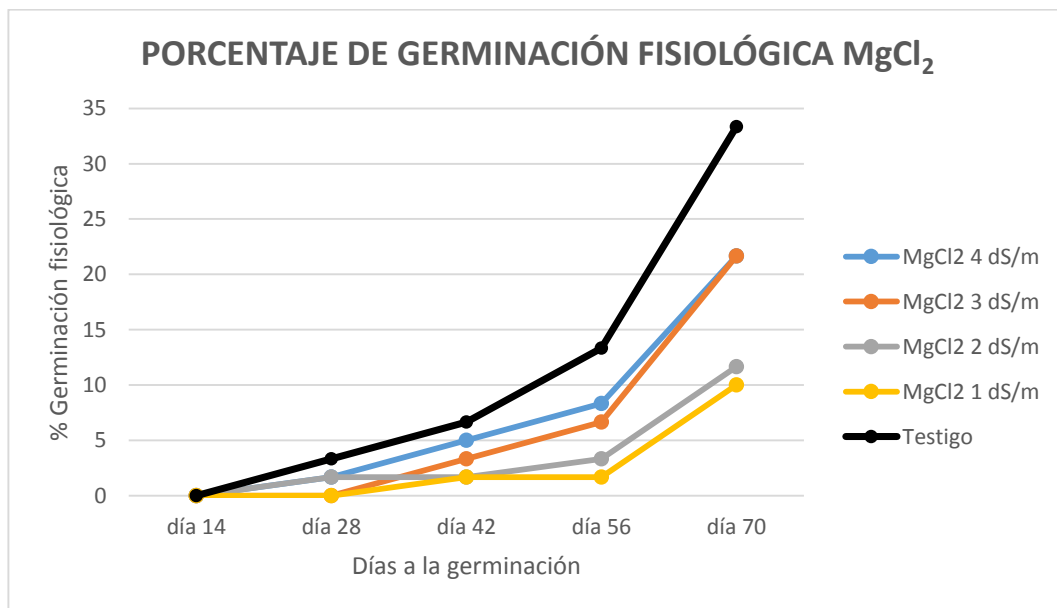


Figura 2. Germinación fisiológica de *L.japonicum* a diferentes concentraciones de  $\text{MgCl}_2$ .

Con  $\text{MgCl}_2$  se encontró que en las concentraciones más altas el porcentaje de germinación fue mayor respecto a los porcentajes obtenidos en las concentraciones de 1 y 2  $\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ .

(Ramírez, 2005) Citado por Jiménez (2010) especifica que niveles moderados y altos de salinidad generalmente además de retardar la germinación afecta el porcentaje emergencia de las plántulas, aunque especifica que depende del cultivo forestal y el tipo de sal presente.

Con el T3 (NaCl) el valor más alto se obtuvo con el nivel de concentración más bajo es decir con  $1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  consiguiéndose el 28.33 por ciento al 70avo día.

El porcentaje de germinación fisiológica con NaCl se comportó de la siguiente manera; a mayor nivel de concentración disminuyó el porcentaje de semillas germinadas. Ya que después del porcentaje más exitoso le sigue el de  $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  con un 23.3 por ciento,  $3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  con 15 por ciento y por último  $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  con 13.3 por ciento ( Figura 3).

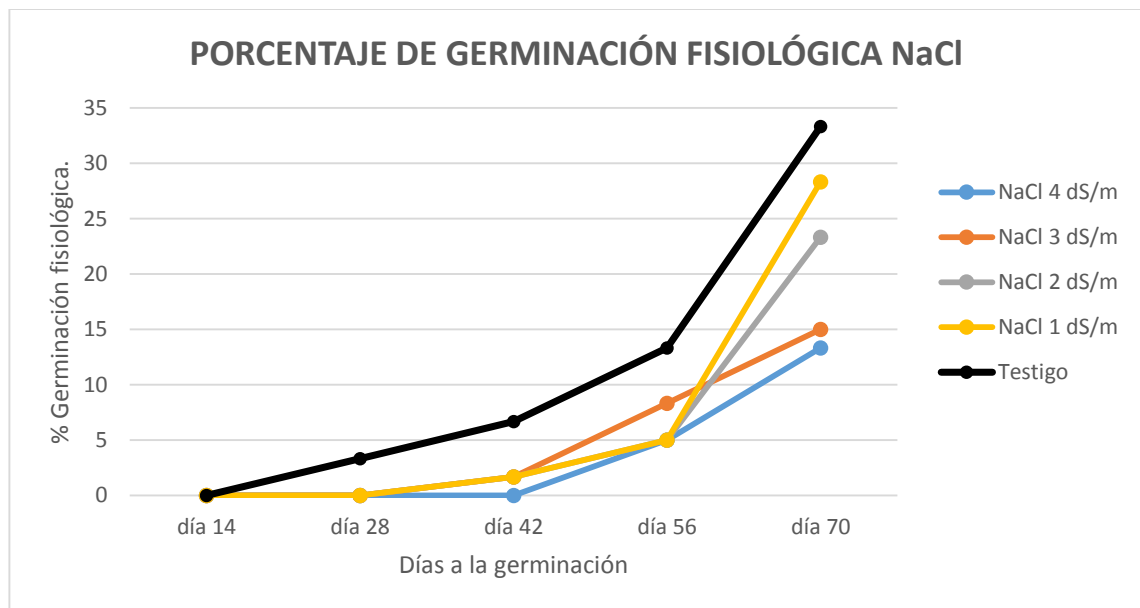


Figura 3. Germinación fisiológica de *L. japonicum* a diferentes concentraciones de NaCl.

En general, el mayor porcentaje de germinación fisiológica se encontró con  $\text{CaCl}_2$ , y el menor se encontró con  $\text{MgCl}_2$ . Los tres tipos de sales se comportaron de manera distinta pero sin duda las tres en alguna de sus concentraciones retrasaron incluso inhibieron la germinación.

Para esta prueba el 70avo día se consideró tiempo suficiente para cuantificar la germinación fisiológica en condiciones salinas, podemos decir que al 14avo día aún no se presentaba la germinación y su evolución hasta el día de la evaluación final fue lenta, en el cuadro 2 se puede observar el comportamiento de la germinación.

Cuadro 2. Porcentaje de germinación fisiológica de *L.japonicum* bajo tres tratamientos y 4 niveles de sales.

Sales	Concentración $\text{ds.m}^{-1}$	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN FISIOLÓGICA (%)				
		Día 14	Día 28	Día 42	Día 56	Día 70
$\text{CaCl}_2$	4	0	5	6.67	6.67	15
$\text{CaCl}_2$	3	0	5	6.67	10	18.33
$\text{CaCl}_2$	2	0	5	10	15	30
$\text{CaCl}_2$	1	0	6.67	6.67	10	21.67
$\text{MgCl}_2$	4	0	1.67	5	8.33	21.67
$\text{MgCl}_2$	3	0	0	3.33	6.67	21.67
$\text{MgCl}_2$	2	0	1.67	1.67	3.33	11.67
$\text{MgCl}_2$	1	0	0	1.67	1.67	10
$\text{NaCl}$	4	0	0	0	5	13.33
$\text{NaCl}$	3	0	0	1.67	8.33	15
$\text{NaCl}$	2	0	0	1.67	5	23.33
$\text{NaCl}$	1	0	0	1.67	5	28.33
Testigo	Testigo	0	3.33	6.67	13.33	33.33

**Días a la germinación;** para predecir los días necesarios a la germinación se obtuvieron ecuaciones del tipo lineal o cuadráticas para cada tratamiento bajo un análisis de regresión simple, donde “X” representa los días a los cuales ocurre la germinación y “Y” es el dato que equivale al porcentaje a calcular. Las ecuaciones están determinadas para cada tipo de sal y para cada concentración, se pueden observar en los cuadros 3, 4, 5 y 6.

De las ecuaciones cuadráticas obtenidas se despeja “X”, mediante la forma  $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ .

Cuadro 3. Ecuaciones para predecir los días necesarios a la germinación de *Ligustrum japonicum* para CaCl<sub>2</sub>.

C.E dS.m <sup>-1</sup>	Ecuación	Coefficiente de determinación (r <sup>2</sup> )
1	$X = \frac{0.0384 \pm \sqrt{-0.0384^2 - 4(0.0042)(1.2422 - Y)}}{2(0.0042)}$	0.92
2	$X = \frac{0.1122 \pm \sqrt{-0.1122^2 - 4(0.0073)(1 - Y)}}{2(0.0073)}$	0.97
3	$X = \frac{-0.0429 \pm \sqrt{0.0429^2 - 4(0.003)(-0.338 - y)}}{2(0.003)}$	0.96
4	$X = (Y - 2.7315) / 0.2217$	0.87

En las Figuras 4, 5, 6 y 7 se muestran las gráficas de representación de línea de tendencia y las ecuaciones, para estimación de días a la germinación para CaCl<sub>2</sub> con cada una de las concentraciones utilizadas.

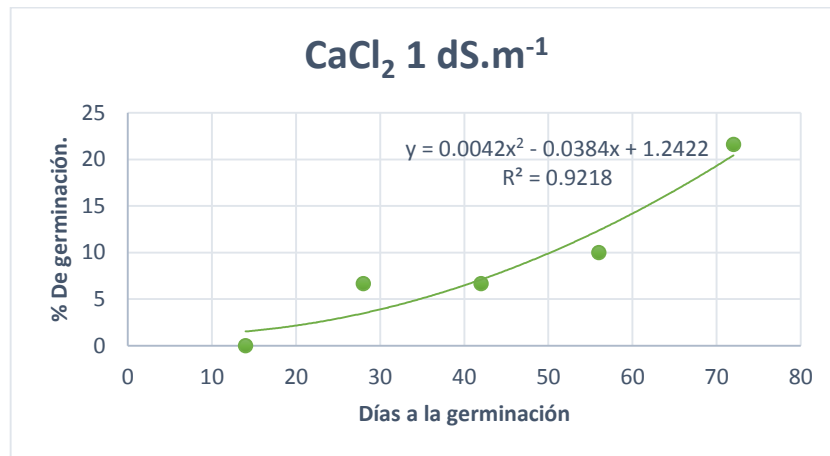


Figura 4. Días a la germinación para CaCl<sub>2</sub> a una concentración de 1 dS.m<sup>-1</sup>.



Figura 5. Días a la germinación para CaCl<sub>2</sub> a una concentración de 2 dS.m<sup>-1</sup>.

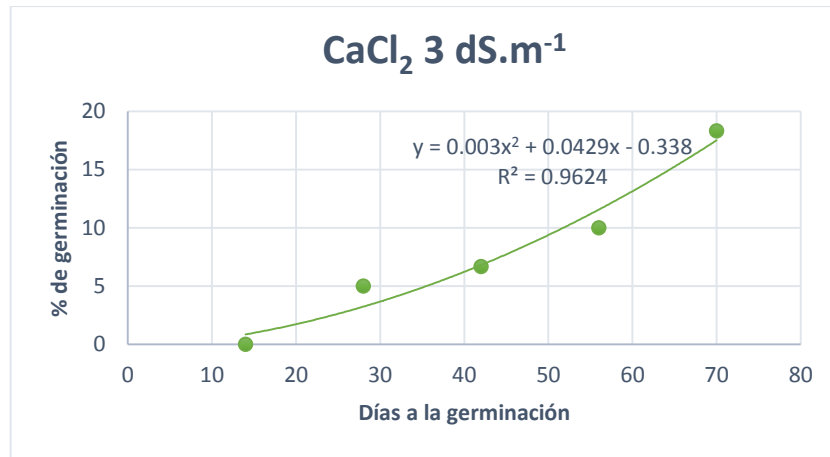


Figura 6. Días a la germinación para CaCl<sub>2</sub> a una concentración de 3 dS.m<sup>-1</sup>.

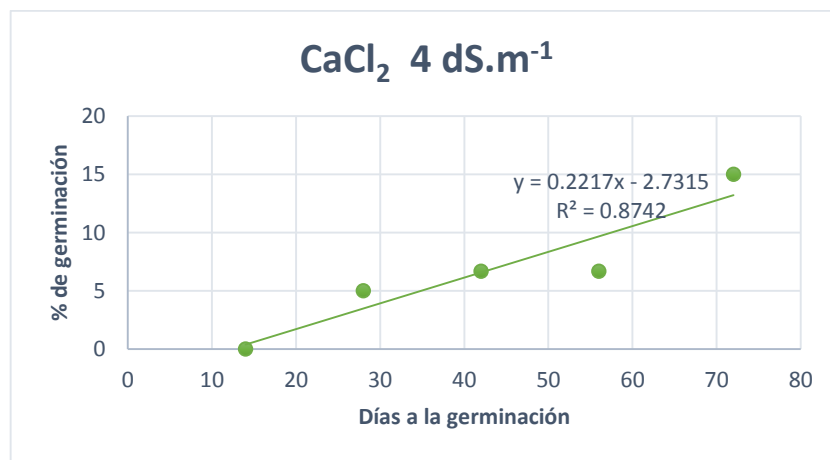


Figura 7. Días a la germinación para CaCl<sub>2</sub> a una concentración de 4 dS.m<sup>-1</sup>.



Cuadro 4. Ecuaciones para predecir los días necesarios a la germinación de *Ligustrum japonicum* para MgCl<sub>2</sub>.

C.E dS.m <sup>-1</sup>	Ecuación	Coefficiente de determinación (r <sup>2</sup> )
1	$X = \frac{0.3011 \pm \sqrt{-0.3011^2 - 4(0.0054)(3.62 - Y)}}{2(0.0054)}$	0.90
2	$X = \frac{0.2817 \pm \sqrt{-0.2817^2 - 4(0.0055)(3.386 - y)}}{2(0.0055)}$	0.91
3	$X = \frac{0.5647 \pm \sqrt{-0.5647^2 - 4(0.011)(6.378 - Y)}}{2(0.011)}$	0.96
4	$X = \frac{0.3573 \pm \sqrt{-0.3573^2 - 4(0.0085)(4.004 - Y)}}{2(0.0085)}$	0.97

A continuación se muestran las gráficas de representación de línea de tendencia y ecuaciones para la estimación de días a la germinación para MgCl<sub>2</sub> Figuras 8,9 10 y 11.

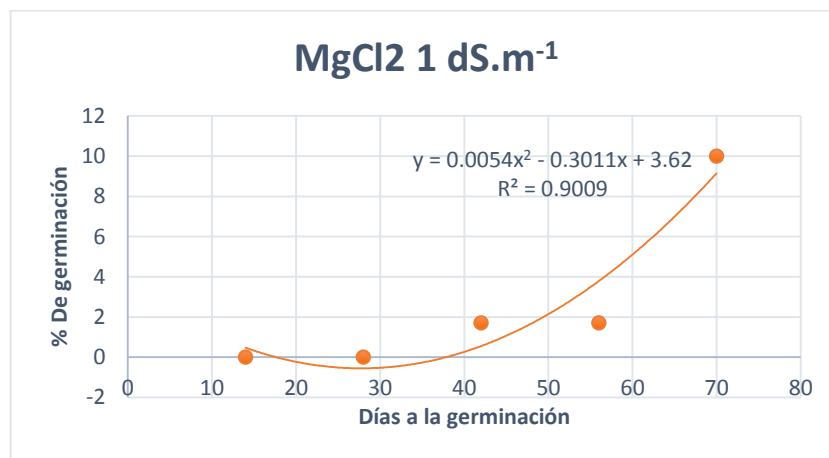


Figura 8. Días a la germinación para MgCl<sub>2</sub> a una concentración de 1 dS.m<sup>-1</sup>.

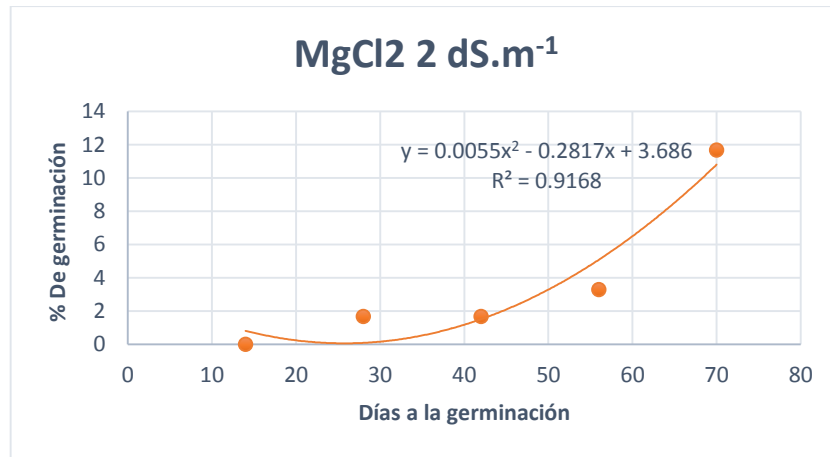


Figura 9. Días a la germinación para MgCl<sub>2</sub> a una concentración de 2 dS.m<sup>-1</sup>.

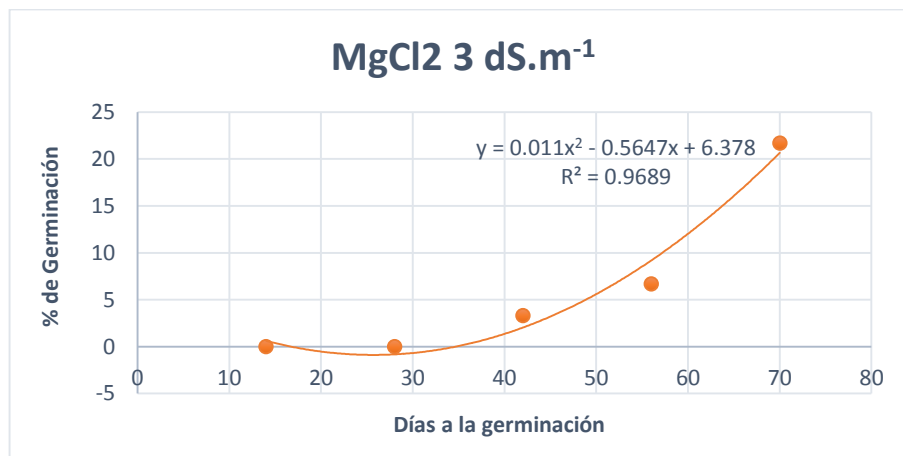


Figura 10. Días a la germinación para MgCl<sub>2</sub> a una concentración de 3 dS.m<sup>-1</sup>.

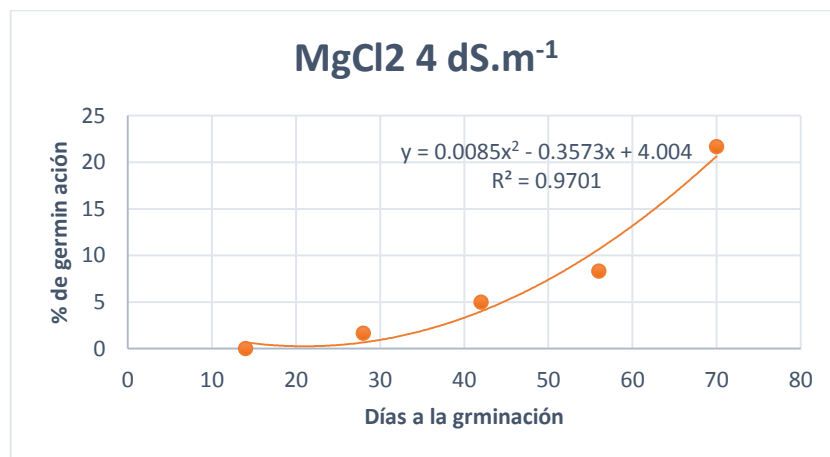


Figura 11. Días a la germinación para MgCl<sub>2</sub> a una concentración de 4 dS.m<sup>-1</sup>.

Cuadro 5. Ecuaciones para predecir los días necesarios a la germinación de *Ligustrum japonicum* para NaCl.

C.E dS.m <sup>-1</sup>	Ecuación	Coefficiente de determinación (r <sup>2</sup> )
1	$X = \frac{1.0388 \pm \sqrt{-1.0388^2 - 4(0.0176)(12.662 - Y)}}{2(0.0176)}$	0.93
2	$X = \frac{0.8041 \pm \sqrt{-0.8041^2 - 4(0.014)(9.662 - y)}}{2(0.014)}$	0.94
3	$X = \frac{0.2873 \pm \sqrt{-0.2873^2 - 4(0.0067)(2.66 - Y)}}{2(0.0067)}$	0.99
4	$X = \frac{0.4324 \pm \sqrt{-0.4324^2 - 4(0.0078)(4.9045 - Y)}}{2(0.0078)}$	0.98

A continuación las figuras 12, 13, 14 y 15 muestran las gráficas de representación de línea de tendencia y ecuaciones para estimación de días a la germinación para NaCl.



Figura 12. Días a la germinación para NaCl a una concentración de 1 dS.m<sup>-1</sup>.

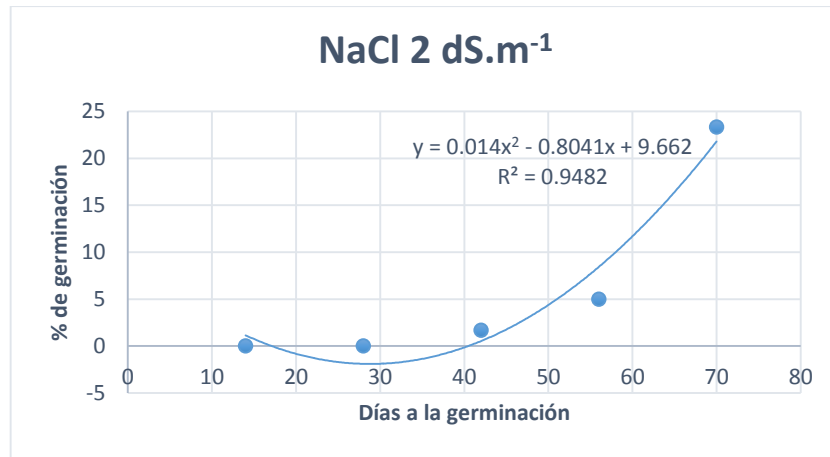


Figura 13. Días a la germinación para NaCl a una concentración de 2 dS.m<sup>-1</sup>.



Figura 14. Días a la germinación para NaCl a una concentración de 3 dS.m<sup>-1</sup>.



Figura 15. Días a la germinación para NaCl a una concentración de 4 dS.m<sup>-1</sup>.

## Plántulas Normales

La siguiente gráfica (Figura 16) muestra los porcentajes de plántulas normales obtenidos. El porcentaje más alto para esta variable se obtuvo cuando las semillas se encontraron en condiciones no salinas ya que los resultados arrojaron que en el testigo el porcentaje de plántulas normales fue 26.67 por ciento estando por arriba de los obtenidos en los tratamientos con sales.

Bajo condiciones salinas el T1 CaCl<sub>2</sub> a 2 dS.m<sup>-1</sup> presenta 23.3 por ciento siendo el porcentaje más alto. Este tratamiento a la concentración mencionada vuelve a presentar el mejor valor, al igual que en la variable evaluada anteriormente (germinación fisiológica). El porcentaje más bajo que obtuvo esta sal fue a 4 dS.m<sup>-1</sup> logrando solamente un 6.67 por ciento.

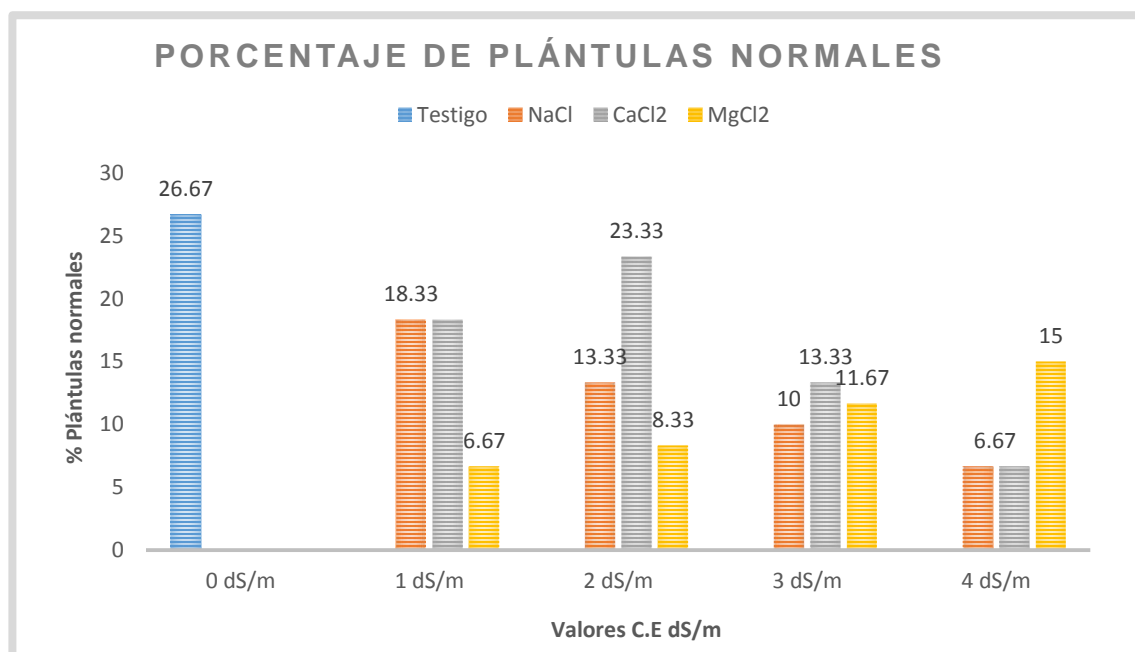


Figura 16. Porcentaje de plántulas normales germinadas de *L.japonicum* con tres tipos de sales y 4 diferentes niveles de concentración.

Para el T2 ( $MgCl_2$ ) a una concentración de  $4 \text{ dS.m}^{-1}$  se obtuvo el porcentaje más exitoso fue con un 15 por ciento a una concentración de  $1 \text{ dS.m}^{-1}$  el porcentaje más bajo reportó 6.67 por ciento.

En el T3 ( $NaCl$ ) encontramos el mayor porcentaje de plántulas normales a  $1 \text{ dS.m}^{-1}$  con 18.33 por ciento y el porcentaje más bajo se localiza en el nivel de concentración más alto que es a  $4 \text{ dS.m}^{-1}$  con 6.67 por ciento. En el cuadro 6 se muestran todos los porcentajes obtenidos por cada uno de los tratamientos.

Cuadro 6. Porcentaje de plántulas normales de *L.japonicum* bajo 3 tipos de sales diferentes y a 4 concentraciones.

Sal	concentración $\text{dS.m}^{-1}$	Plántulas normales (%)
CaCl <sub>2</sub>	1	18.33
	2	23.33
	3	13.33
	4	6.67
MgCl <sub>2</sub>	1	6.67
	2	8.33
	3	11.67
	4	15
NaCl	1	18.33
	2	13.33
	3	10
	4	6.67
testigo	0	26.67

El análisis de varianza (cuadro 7) mostró que hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos y el testigo, pero no hubo diferencia significativa entre los tratamientos (diferentes tipos de sal), los niveles, ni en la interacción conjunta de estos factores.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable plántulas normales.

F.V	G.I	Sc.	CM.	Fc.	F $\alpha$	
					0.05	0.01
<b>Testigo - factorial</b>	1	2.634	2.634	9.384**	4.225	7.721
<b>Tipo de Sales (3-1)</b>	2	0.034	0.017	0.042 NS	3.369	5.526
<b>P.O ( 4 -1)</b>	3	0.056	0.018	0.046 NS	2.975	4.636
<b>Sales * P.O. (a-1)((b-1)</b>	6	0.297	0.049	0.122 NS	2.474	3.591
<b>E. Experimental</b>	26	10.549	0.405			
<b>Total abr +(q-1)</b>	38	13.571				

NS; No hay diferencia significativa

\* Existe diferencia significativa.

\*\*Existe diferencia altamente significativa

## Plántulas Anormales

La anomalía se debe principalmente a la sal acumulada en las raíces, mostrando una deformación. Las plántulas anormales registradas se clasificaron como tales por presentar características como las siguientes; enroscamiento, cese de crecimiento o la radícula presentó coloración negra.

Aun estando en condiciones no salinas se registraron algunas plántulas anormales en el testigo pues éste registró un 6.67 por ciento (Figura 17).

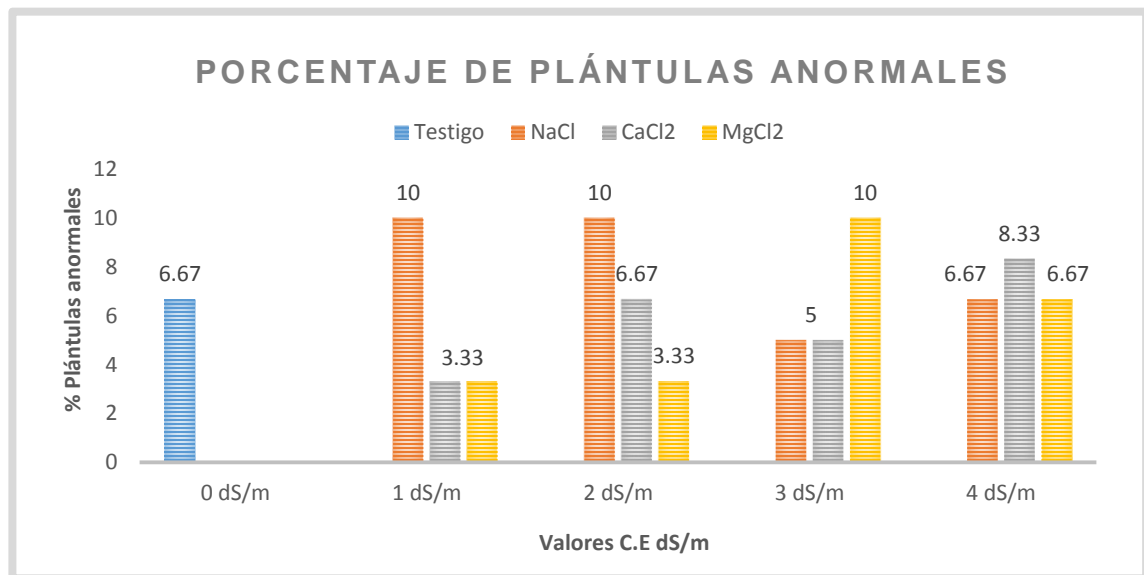


Figura 17. Porcentaje de plántulas anormales de *L. japonicum* con tres tipos de sales y 4 diferentes niveles de concentración.

El mayor porcentaje registrado para ésta variable fue diez por ciento y se obtuvo con NaCl a 1 y 2 dS.m<sup>-1</sup> y también con MgCl<sub>2</sub> a una concentración de 3 dS.m<sup>-1</sup>.

El porcentaje más bajo para la anomalía de plántulas fue 3.33 por ciento y se obtuvo con CaCl<sub>2</sub> a la concentración de más baja es decir 1 dS.m<sup>-1</sup> y el mismo porcentaje de obtuvo con MgCl<sub>2</sub> a 1 y 2 dS.m<sup>-1</sup>.



Para la concentración salina más alta utilizada en esta prueba  $4 \text{ ds.m}^{-1}$  el porcentaje más alto de plántulas anormales se encontró con  $\text{CaCl}_2$  ya que arrojó un resultado de 8.33 por ciento.

En general el tratamiento que tuvo mayor porcentaje de plántulas anormales fue  $\text{NaCl}$  presentando diez por ciento de anomalía en 1 y  $2 \text{ dS.m}^{-1}$  (Cuadro 8). Esto resulta coincidente con trabajos similares como el trabajo realizado por Jiménez en 2010, donde evaluó el efecto de la salinidad sobre la germinación de *Pinus greggi* Cloruro de sodio resulta ser la sal donde hubo el mayor porcentaje de anomalía en las plantas.

Cuadro 7. Porcentaje de plántulas anormales de *L.japonicum* bajo 3 tipos de sales diferentes y a 4 concentraciones.

Sal	concentración $\text{dS.m}^{-1}$	Plántulas normales (%)
$\text{CaCl}_2$	1	3.33
	2	6.67
	3	5
	4	8.33
$\text{MgCl}_2$	1	3.33
	2	3.33
	3	10
	4	6.67
$\text{NaCl}$	1	10
	2	10
	3	5
	4	6.67
testigo	0	6.67

El análisis de varianza (cuadro 9) muestra que hubo diferencia significativa solamente entre el testigo y los tratamientos, pero no hubo diferencia significativa para plántulas anormales entre los tratamientos, ni entre los tratamientos y las diferentes concentraciones.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable de plántulas anormales.

F.V	G.I	Sc.	CM.	Fc.	F $\alpha$	
					0.05	0.01
<b>Testigo - factorial</b>	1	1.200	1.200	5.164 *	4.225	7.721
<b>Tipo de Sales (3-1)</b>	2	0.030	0.015	0.065 NS	3.369	5.526
<b>P.O ( 4 -1)</b>	3	0.025	0.008	0.036 NS	2.975	4.636
<b>Sales * P.O. (a-1)((b-1)</b>	6	0.143	0.023	0.102 NS	2.474	3.591
<b>E. Experimental</b>	26	6.042	0.232			
<b>Total abr +(q-1)</b>	38	7.441				

NS; No hay diferencia significativa

\* Existe diferencia significativa.

\*\*Existe diferencia altamente significativa

La anomalidad se debe al efecto de los iones o a la formación de productos tóxicos, (Ramos et al 2004) mencionan que el contenido elevado de sal en el suelo afecta el crecimiento de las plantas modificando sus características anatómicas y morfológicas.

## Semillas Muertas

La evaluación del porcentaje de semillas muertas, resulta un tanto difícil explicar ya que aunque la sal afecta directamente la germinación de las semillas incluso puede inhibirla se señala que las semillas no recibieron ningún tratamiento previo y tampoco se sabe con exactitud si se tenía algún otro problema de germinación. Ungar (1996) determinó que la salinidad afecta a las semillas y en algunos casos provoca su muerte.

Cuando se tiene una semilla tratada con buen control de calidad se tiene menor mortandad. Las semillas utilizadas para esta prueba no fueron tratadas y durante ésta hubo presencia de hongo que se controló con “Captán”.

Como podemos ver en la fig. 18 tenemos que el mayor porcentaje de semillas muertas se presentó con  $MgCl_2$  a una concentración de  $1\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  con un 90 por ciento seguido por el 88.33 por ciento que presenta la misma sal a una concentración de  $2\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ .

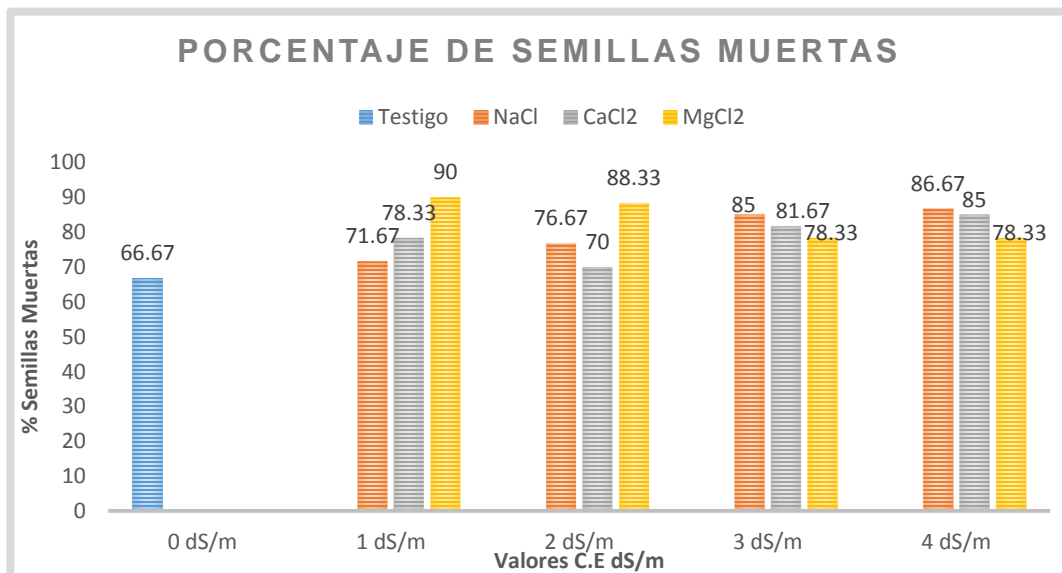


Figura 18. Porcentaje de semillas muertas de *L. japonicum* con tres tipos de sales y 4 diferentes niveles de concentración.

Con el T1 (CaCl<sub>2</sub>) el mayor porcentaje de semillas muertas reportadas se presentó a una concentración de 4 dS.m<sup>-1</sup> con 85 por ciento y el porcentaje menor se obtuvo a 2 dS.m<sup>-1</sup> registrando un valor de 70 por ciento.

Para el T3 (NaCl) se observó que aumentó el porcentaje de semillas muertas conforme aumentó la concentración. 4 dS.m<sup>-1</sup> registró el mayor porcentaje con 86.67 por ciento seguido por un 85 por ciento a 3 dS.m<sup>-1</sup>, 76.67 a 2 dS.m<sup>-1</sup> que dando al final 71.67 a 1 dS.m<sup>-1</sup>.

El porcentaje más bajo reportado para esta variable lo obtuvo el testigo con 66.67 por ciento (cuadro 10). La observación de semillas muertas se realizó al final del experimento y se tomaron en cuenta aquellas que no presentaron indicios de germinación.

Cuadro 9. Porcentaje de semillas muertas de *L.japonicum* bajo 3 tipos de sales diferentes y a 4 concentraciones.

Sal	concentración dS.m <sup>-1</sup>	Semillas muertas (%)
CaCl <sub>2</sub>	1	78.33
	2	70
	3	81.67
	4	85
MgCl <sub>2</sub>	1	90
	2	88.33
	3	78.33
	4	78.33
NaCl	1	71.67
	2	76.67
	3	85
	4	86.67
testigo	0	66.67

La muerte de semillas en condiciones inducidas por la salinidad es usualmente debida a los efectos osmóticos en plantas halófitas mientras que para las plantas glicófitas es más probable que exhiban toxicidad iónica (González 2009).

Según el análisis de varianza (cuadro 11) se demostró que no hubo diferencia significativa con la variable de semillas muertas.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable semillas muertas.

F.V	G.I	Sc.	CM.	Fc.	F $\alpha$	
					0.05	0.01
<b>Testigo - factorial</b>	1	1088.897	1088.897	3.165 NS	4.225	7.721
<b>Tipo de Sales (3-1)</b>	2	6.500	3.250	0.009 NS	3.369	5.526
<b>P.O ( 4 -1)</b>	3	5.000	1.667	0.005 NS	2.975	4.637
<b>Sales * P.O. (a-1)((b-1)</b>	6	42.167	7.028	0.020 NS	2.474	3.591
<b>E. Experimental</b>	26	8945.487	344.057			
<b>Total abr +(q-1)</b>	38	10088.051				

NS; No hay diferencia significativa

\* Existe diferencia significativa.

\*\*Existe diferencia altamente significativa

## Longitud de Hipocótilo.

En la investigación, las pruebas de vigor se desarrollan con la finalidad de ofrecer información complementaria a la obtenida en las pruebas de germinación y estimar el potencial de emergencia en el campo, para medir el vigor de las semillas se utilizan indicadores de crecimiento y desarrollo inicial y una de las variables para determinar este comportamiento es la longitud de hipocótilo.

En la evaluación de este parámetro se consideraron todas las plántulas normales resultantes en cada uno de los tratamientos ya que fueron pocas y la representación de esta variable se puede observar en la siguiente gráfica (Figura 19).

Numéricamente el mejor desarrollo de hipocótilo se observó con  $\text{CaCl}_2$  a la concentración de  $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y el menor desarrollo de hipocótilo se observa con  $\text{NaCl}$  a  $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$

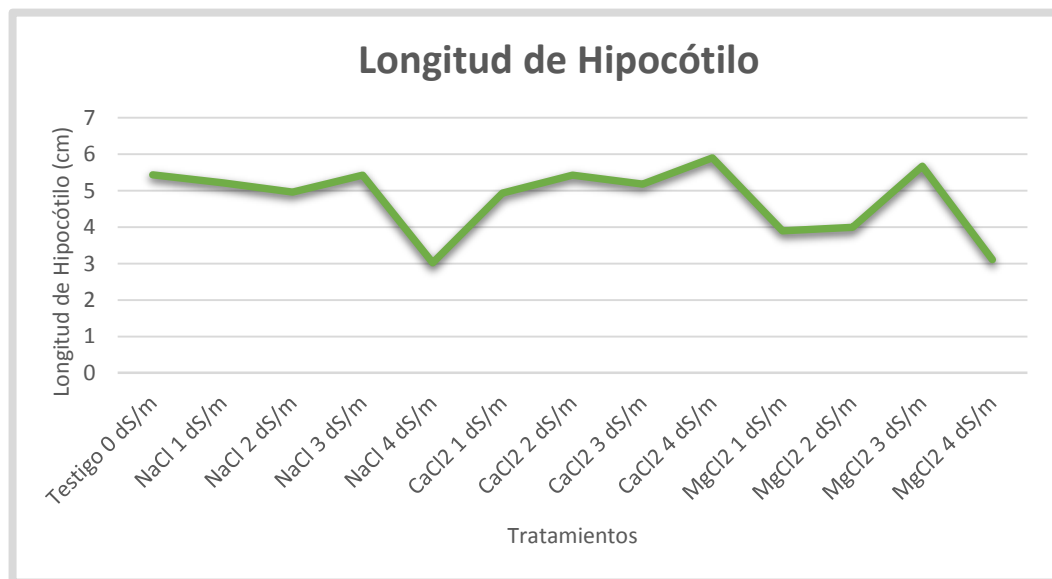


Figura 19. Gráfica de la variable de longitud de hipocótilo.

Se observan diferencias entre los valores de promedios de longitud de hipocótilo como se puede ver en el cuadro 12, Con  $\text{CaCl}_2$  se obtuvieron las mayores longitudes de hipocótilo en las plántulas de *L.japonicum*. El calcio juega un papel importante en las plantas debido a que es requerido en la división y elongación celular.

Cuadro 11. Promedio de longitud de hipocótilo de plántulas de *L.japonicum* bajo 3 tipos de sales diferentes y a 4 concentraciones.

Sal	concentración $\text{dS.m}^{-1}$	Longitud de hipocótilo (Promedio en cm).
$\text{CaCl}_2$	1	4.94
	2	5.43
	3	5.18
	4	5.9
$\text{MgCl}_2$	1	3.9
	2	4
	3	5.67
	4	3.11
$\text{NaCl}$	1	5.22
	2	4.96
	3	5.43
	4	3.02
testigo	0	5.44

El cuadro 13 muestra que hubo diferencia significativa entre el testigo y los tratamientos para la variable longitud de hipocótilo.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable longitud de hipocótilo.

F.V	G.I	Sc.	CM.	Fc.	F $\alpha$	
					0.05	0.01
<b>Testigo - factorial</b>	1	4.250	4.250	6.666 *	4.225	7.721
<b>Tipo de Sales (3-1)</b>	2	0.059	0.029	0.047 NS	3.369	5.526
<b>P.O ( 4 -1)</b>	3	0.200	0.066	0.105 NS	2.975	4.636
<b>Sales * P.O. (a-1)((b-1)</b>	6	0.137	0.022	0.035 NS	2.474	3.591
<b>E. Experimental</b>	26	16.577	0.637			
<b>Total abr +(q-1)</b>	38	21.226				

NS; No hay diferencia significativa

\* Existe diferencia significativa.

\*\*Existe diferencia altamente significativa



## Peso Seco

Las pruebas de germinación y vigor son herramientas confiables para determinar y comparar los niveles de calidad fisiológica entre poblaciones evaluadas. La evaluación del parámetro peso seco se utiliza como indicador de dicha calidad.

El valor más alto para peso seco se registró para  $\text{CaCl}_2$  a una concentración de  $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  con 0.25 gramos, seguido por el valor que se registró cuando las plántulas estuvieron en condiciones normales (testigo) con 0.20 gramos y el valor más bajo se registró para  $\text{NaCl}$  a una concentración de  $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  esto se puede observar en la Figura 20.

Ruiz et, al., (2010) en un estudio realizado para evaluar la calidad fisiológica de dos poblaciones de maíz criollo encontró que entre mayor longitud de plúmula mayor peso seco, resultados similares a los que obtuvieron Estrada et. al., (1999) quienes encontraron relación directa entre la longitud de plúmula y peso seco, confirmando que a mayor longitud correspondió un mayor peso seco.

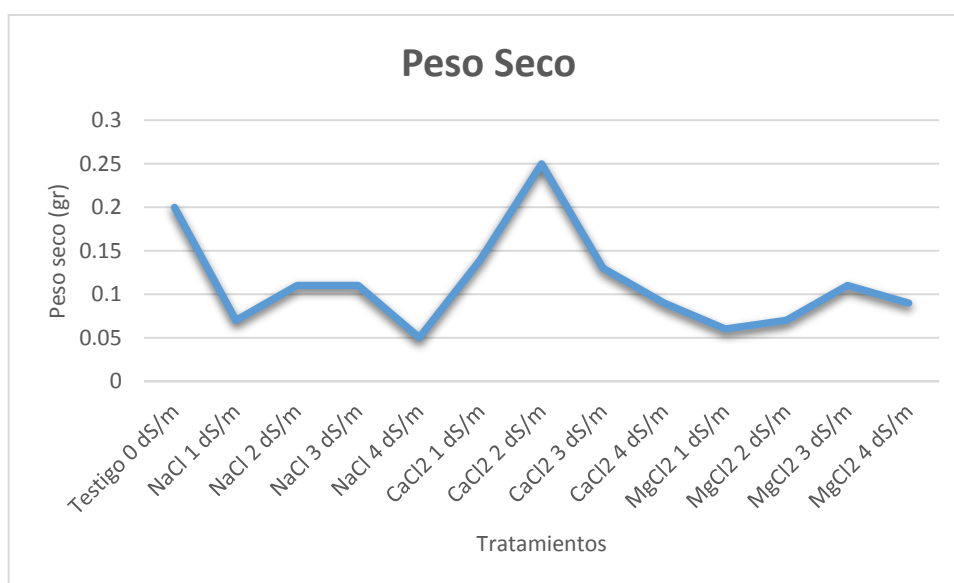


Figura 20. Gráfica de la variable de peso seco.

Como se puede notar, el cloruro de calcio obtuvo los valores más altos en longitud de hipocótilo y coincide con que  $\text{CaCl}_2$  fue la sal que obtuvo el mayor peso seco.

Hamada (1994) reportó datos muy similares a los encontrados en esta prueba, ya que para plantas de maíz que fueron sometidas a salinización con  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{NaCl}$  obtuvo que las plántulas tratadas con  $\text{CaCl}_2$  presentaron longitudes de brotes y longitudes de tallo superiores a las tratadas con  $\text{NaCl}$  y menciona que el efecto del calcio promueve la tolerancia a la salinidad.

Al analizar los datos estadísticamente mediante el análisis de varianza para esta variable se encontró que existe diferencia significativa entre el testigo y los tratamientos así como entre los tipos de sales (Cuadro 14).

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable peso seco.

F.V	G.I	Sc.	CM.	Fc.	F $\alpha$	
					0.05	0.01
<b>Testigo – factorial</b>	1	0.027	0.027	5.025 *	4.225	7.721
<b>Tipo de Sales (3-1)</b>	2	0.038	0.019	3.534 *	3.369	5.526
<b>P.O ( 4 -1)</b>	3	0.024	0.008	1.482	2.975	4.637
<b>Sales * P.O. (a-1)((b-1)</b>	6	0.031	0.005	0.957	2.474	3.591
<b>E. Experimental</b>	26	0.139	0.005			
<b>Total abr +(q-1)</b>	38	0.259				

NS; No hay diferencia significativa

\* Existe diferencia significativa.

\*\*Existe diferencia altamente significativa

Luego de que el análisis de varianza mostró que hubo diferencia significativa entre los tratamientos se procedió a analizar los datos con una prueba de medias de “Tukey” (Cuadro 15).

Cuadro 14. Tabla de comparación de medias de tratamientos para la variable de peso seco.

Sal	Concentración ds.m <sup>-1</sup>	Medias gr	Significancia
CaCl <sub>2</sub>	4	0.0865	C
	3	0.1289	C
	2	0.2457	C
	1	0.1436	B
MgCl <sub>2</sub>	4	0.0872	B
	3	0.1057	A
	2	0.0679	A
	1	0.0615	A
NaCl	4	0.0462	B
	3	0.1144	B
	2	0.1099	A
	1	0.0668	B
Testigo		0.2040	A

- Medias expresadas con letras iguales son estadísticamente iguales.
- Valores expresados en gramos.

## V. CLONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En germinación fisiológica ningún tratamiento alcanzó el 100 por ciento. La sal que presentó mejor porcentaje de germinación fisiológica fue  $\text{CaCl}_2$  a  $2 \text{ dS.m}^{-1}$  (30 por ciento) seguida por  $\text{NaCl}$  a  $1 \text{ dS.m}^{-1}$ .
2. El presente estudio demuestra que la germinación está influenciada por la naturaleza de los iones presentes en los tratamientos. Los efectos causados por las sales presentes fueron; toxicidad, anormalidad en inhibición de la germinación.
3. Para plántulas normales el mejor resultado se obtuvo con el testigo (26.6 por ciento) y bajo condiciones salinas  $\text{CaCl}_2$  a  $2 \text{ dS.m}^{-1}$  obtuvo el mayor porcentaje (23.3 por ciento).
4.  $\text{NaCl}$  a  $1$  y  $2 \text{ dS.m}^{-1}$  y  $\text{MgCl}$  a  $3 \text{ dS.m}^{-1}$  presentaron el valor más alto en plántulas anormales (Diez por ciento). Cloruro de sodio produjo el mayor porcentaje de plántulas anormales.
5. Tenemos que en semillas muertas el mayor número se obtuvo con  $\text{MgCl}_2$  a una concentración de  $1 \text{ dS.m}^{-1}$  (90 por ciento) y el menor porcentaje se presentó con la sal  $\text{CaCl}_2$  a la concentración de  $2 \text{ dS.m}^{-1}$ .
6. En longitud de hipocótilo, con  $\text{CaCl}_2$  se presentaron las plántulas con mejor vigor. Lo que nos indica que el calcio favoreció el crecimiento de hipocótilo en las plantas.
7. Para peso seco el mejor tratamiento resultó ser  $\text{CaCl}_2$  a  $2 \text{ dS.m}^{-1}$
8. En la sal donde el calcio fue el catión predominante, el crecimiento fue mayor en relación al magnesio y al sodio.

9. La afectación por sales y su concentración presenta efectos adversos que van desde la pérdida de crecimiento hasta la muerte de semillas.

### **Recomendaciones**

La evaluación de *L.japonicum* en la etapa de germinación es práctica y efectiva para identificar su tolerancia a la salinidad, sin embargo es importante evaluar la tolerancia en sus demás etapas de desarrollo.

Antes de realizar la germinación, considero conveniente aplicar a las semillas de *L. japonicum* un tratamiento pregerminativo, que consiste en remojar las semillas durante 48 horas en agua.

## 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 134-138,160-173, 197.
- Alcocer, E. B. 2000. Imbibición, atributos de calidad en semilla de trigo macarronero *Triticum turgidum* var. durum y su efecto sobre el establecimiento del cultivo. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 37 p.
- Bolívar, D. M. 2011 Apuntes de Suelos Salinos y Sódicos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Chapman, D. H. 1973. Diagnostic, criteri for plant nutrition University of California Citrus Reseach Center and Agricultural Experiment Station. Riverside, California E. U. A p 409-432.
- Chapman, H. D. and Pratt P. F. 2000. Métodos d análisis para suelos, plantas y aguas. 1° ed. 9° reimpresión. Ed. Trillas. México. Pp. 119- 121.
- Comisión Nacional del Agua. 2007, Serie: Planeación Hidráulica en México. Componente: Planeación Local, Proyectos Emblemáticos- Guía esquemas para la conservación de suelo, bosque y agua. SEMARNAT. 91 P.  
<http://www.conagua.gob.mx/OCLSP07/Contenido/Documentos/ProgHidri codeJalisco2030.pdf>
- De Juana, J. I. 2009. Taxonomía actualizada del género *Ligustrum*. *Bouteloua* 6: 16-71 (XI 2009). ISSN1988-4257.
- De La Peña. 1980. Salinidad de los Suelos Agrícolas. Su origen – Clasificación – Prevención y Rehabilitación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Pp 5-56.
- Estrada, G., J.A., A. Hernández L., F. Hernández O., A. Carballo C. y F. Valerio C. 1999. Tipos de endospermo en maíz y su relación con la calidad de la semilla. *Rev. Fitotec. Mex.* 22: 99-109.
- Fernández, G. R. 1972. El problema de la salinidad en suelos de México y trabajos de recuperación de tierras ensalitradas *Bol. inform. Soc. Méx. de la Ciencia del Suelo* pp. 4-32.
- Fernández S., J. 1985. Glosario de términos usados en semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, colombia. P. 11

- Gaytán, M. D. M. 2001. Prueba de germinación de *Pinus Cembroides* var. zucc en Ocho Sustratos diferentes. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 73 p.
- González, R. S. L. 2009. Germinación de Diferentes Cultivos en Condiciones de Salinidad Cuantitativa y Cualitativa Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México 171 p.
- Hamada. A. M. 1994. Alleviation of the adverse effects of NaCl on germination of maize grains by calcium. *Biologia Plantarum*. 36 (4):623-627.
- Hartmann, H. T. y Kester, D. E. 1999. Propagación de plantas. México D.F. Compañía editorial continental, S.A de C.V. Pp 137-150, 721.
- Jiménez, A. A. 2010. Evaluación de Diferentes Tipos y Niveles de Sales Sobre la Germinación de Pino (*Pinus Greggii*) Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México 49 p.
- Lara, R.D. 1994 Prueba de Germinación y Sobrevivencia *Pinus cembroides zucc.* Sobre ocho sustratos diferentes en etapa de vivero. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista, Saltillo, Coahuila México 76 p.
- Martínez, V. N., Lopez, A. C., Basurto, S. M. y Pérez, L. R. 2010. Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Campus 1. Chihuahua, Chihuahua México. *Rev. Tecnociencia Chihuahua*. Vol. V. N° 3. 2011
- Medrano, H., Bota, J., Cifre, J., Flexa, J., Ribas-Carbo, M. y Gulías J. 2007. Eficiencia en el uso de agua por las plantas. Universidad Alicante, España. *Investigaciones geográficas (Esp)*. Núm 43 2007 pp. 63-84.
- Moscoso, J. 2000. Aspectos técnicos de la forestación con aguas residuales. [en línea] Consulta Septiembre 2014. <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsair/e/repindex/rep184/vleh/fulltext/acrobat/moscoso2.pdf>
- Mozzi, G. P., Pereyra, S. G. 2003. Trabajo de investigación forestal – Tratamientos pregerminativos aplicados a frutos de *Ligustrum lucidum*. Instituto Nuestra Señora del Sagrado Corazón, Córdoba, Argentina. <http://www.oocities.org/ar/coordinacionnaturales/ligustro.html>

- Michel, L. S. M.A. 1992. Respuesta del *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, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México pp. 20-30
- Nesom, L. G. December 2009. Taxonomic overview of *Ligustrum* (oleaceae) naturalized in north america north of mexico. 2925 Hartwood Drive .Fort Worth, TX 76109, USA. Phytologia (December 2009) 91(3).
- Pimienta, B. E., Robles. M. C. y Martínez, Ch. C. 2012. Respuesta Ecofisiológica de árboles Jóvenes nativos y exóticos a sequía y lluvia. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco México. Rev. Fitotecnia mexicana. Vol. 35. Spe. 5. Nota científica.
- Prada, M. A., Rueda, J., Ventimilla, P., Gálvez, C., Faria, C., del Campo, A., Arizpe, D., Añibarro, J., Almeida, M. H., Neus, A., Caballero, G. J. L. 2008. Manual de Propagación de Árboles y Arbustos de Ribera – Una ayuda para la restauración de riberas mediterráneas. Valencia, España. Ed. Generalitat Valenciana. Pp. 70-76.
- 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. Int. Bot Exp. 103-109.
- Richards, L. A., D.A.E.U.A. 1994. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6ta edición 5ta reimpresión. Ed. Limusa Pp.1-13, 59-89.
- Rojas, G. M. 1977 Fisiología vegetal aplicada. Libros McGraw-Hill. Pp 103-117
- Ruiz, R. S., Valdés. O. A., Facio. P. F. y Arce. G. L. Enero-Abril 2012. Efecto de diferentes niveles de salinidad en la germinación y vigor de semillas de cinco gramíneas Forrajeras. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Rev. Agraria 9 (1): 7-13 2012.
- Ruiz, T. N. A., Rincón. S. F., Bautista. M. V. M., Martínez. R. J. M., Burciaga. D. H. C. y Olvera. E. M. Mayo-Agosto 2010. Calidad fisiológica de semilla en dos poblaciones de maíz criollo mejorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila México. Rev. Agraria 9 (2): 43-48 2012.



- Sánchez, R. Y. E. 2002. Germinación y Elongación Celular de Semillas de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) Tratadas con Extractos de *Larrea tridentata* y Ácido Giberélico. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México 93 p.
- SEMARNAT 2009. Plantaciones Forestales Comerciales [consulta en línea] septiembre 2014  
[http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio\\_2009/compendio\\_2009/10.100.8.236\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet4016.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio_2009/compendio_2009/10.100.8.236_8080/ibi_apps/WFServlet4016.html)
- Silla, R. A. 2002. Reductores de crecimiento en *Ligustrum*. [en línea] Consulta 11 Septiembre 2014.  
<http://www.horticom.com/pd/imagenes/52/752/52752.pdf>
- Starr, K., Starr. F. y Loope Lloyd. January 2003. *Ligustrum* spp. United States Geological Survey- Biological Resources Division Haleakala Field Station, Maui Hawaii.
- Steel, R. G. C. y Torrie, J. H. 1988. Bioestadística principios y procedimientos 2° edición 1988- México McGraw-Hill Pp. 163, 228-229
- Ungar, I. A. 1996. Effect of salinity on seed germination, growth and ion accumulation of *Atriplex patula* (*Chenopodiaceae*). *Amer. J Bot.* 83(5):604-607.
- Wadleigh, C. H., Gauch H. G. T and Kolisch, M. 1951 Mineral composition of *ochard* grass grown on pachappa loam salinized with various salts. *Soil. Sci.* 72: 275-282.
- Whitney, I. M. and Means T. H. 1897. An electrical method of determining the soluble salt content of soils. U. S. Department. Agricultural. Div. Soils Bul. 8, 30 Pp.

Páginas consultadas en Internet.

<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=LIJA>

<http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n2/a22v36n2.pdf>

<http://www.fao.org/docrep/007/ad102s/ad102s12.htm>

[http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v5n3/data/Efectos\\_por\\_salinidad\\_en\\_el\\_desarrollo\\_vegetativo.pdf](http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v5n3/data/Efectos_por_salinidad_en_el_desarrollo_vegetativo.pdf)

[http://www.diputoledo.es/global/ver\\_pdf.php?id=9944](http://www.diputoledo.es/global/ver_pdf.php?id=9944)

<http://green-feel.blogspot.mx/2012/12/ligustrum-japonicum.html>