

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE SALES SOBRE LA
GERMINACIÓN DEL CHILE
(*Capsicum annuum* var. *Caballero*)**

Por:

VICTORINO OSORIO HERNÁNDEZ

Tesis

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2008

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

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE SALES SOBRE LA
GERMINACIÓN DEL CHILE
(*Capsicum annuum* var. Caballero)**

Presentado por:

VICTORINO OSORIO HERNÁNDEZ

TESIS

**Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como
Requisito Parcial Para Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobado

PRESIDENTE DEL JURADO

Dra. MANUELA BOLÍVAR DUARTE

Vocal

Vocal

Dr. JAVIER DE J. CORTÉS BRACHO

Mc. FÉLIX SÁNCHEZ PÉREZ

CORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Dr. RAÚL RODRÍGUEZ GARCIA

Buenavista, Saltillo, Coahuila México

Marzo de 2008

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
Justificación.....	3
Objetivo.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
Origen.....	4
Clasificación Taxonómica.....	4
Descripción Botánica.....	5
Producción Mundial del Chile.....	6
Producción Nacional del Chile.....	6
Germinación.....	7
Proceso de Germinación de La Semilla.....	8
Requerimientos Para la Germinación.....	9
Factores Ambientales que Influyen en la Germinación.....	10
La Salinidad en México.....	10
Factores que Favorecen el Proceso de Salinización.....	12
Conductividad Eléctrica.....	13
Efecto de la Salinidad en la Germinación.....	14
Efecto de la Salinidad sobre las Plantas.....	14
Efecto del Cation Sodio (Na) ⁺	16
Efecto del Cation Magnesio (Mg) ⁺⁺	17
Efecto del Cation Calcio (Ca) ⁺⁺	18
Efecto del Anion Cloro (Cl) ⁻	18
Efecto Sobre el Rendimiento del Chile.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	
Ubicación del Experimento.....	20

Material Utilizado.....	20
Variables Evaluados.....	24
Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
Germinación Fisiológica.....	27
Plántulas Normales.....	31
Plántulas Anormales.....	35
Semillas Muertas.....	39
Longitud de Plúmula.....	41
Longitud de Raíz.....	45
Peso Seco.....	48
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1.	Producción mundial de chile.....	7
Cuadro 1.2.	Superficie cosechada de los principales estados productores de chile seco.....	8
Cuadro 1.3.	Superficie cosechada de los principales estados productores de chile verde.....	8
Cuadro 1.4.	La productividad de los cultivos del distrito de riego 038, río mayo, Sonora.....	19
Cuadro 3.1.	Descripción de los tratamientos.....	21
Cuadro 3.2.	Cuadro de concentración de valores para la preparación de las sales.....	23
Cuadro 4.1.	Porcentaje de germinación fisiológica para el chile bajo tres tipos de sales y tres concentraciones.....	30
Cuadro 4.2.	Porcentaje de plántulas normales del chile bajo tres concentraciones y tres tipos de sales.....	32
Cuadro 4.3.	Análisis de varianza de la variable plántulas normales.....	33
Cuadro 4.4.	Comparación de medias entre testigo y tratamiento para la variable plántulas normales.....	33
Cuadro 4.5.	Porcentaje de plántulas anormales del chile bajo tres concentraciones y tres tipos de sales.....	36
Cuadro 4.6.	Análisis de varianza de la variable plántulas anormales.....	37
Cuadro 4.7.	Comparación de medias entre los tratamiento y el testigo de la variable plántulas anormales.....	37
Cuadro 4.8.	Porcentaje de plántulas anormales del chile bajo tres concentraciones y tres tipos de sales.....	40
Cuadro 4.9.	Análisis de varianza de la variable semillas muertas.....	41
Cuadro 4.10.	Tabla de comparación de medias de tratamientos y el testigo para la variable plantas anormales.....	41

Cuadro 4.11.	Análisis de varianza para la variable longitud de la plúmula.....	43
Cuadro 4.12.	Tabla de comparación de medias de tratamientos para la variable longitud de la plúmula.....	44
Cuadro 4.13.	Análisis de varianza para la variable longitud de la raíz.....	46
Cuadro 4.14.	Tabla de comparación de medias para la variable longitud de la raíz.....	46
Cuadro 4.15.	Análisis de varianza para la variable peso seco.....	48
Cuadro 4.16.	Tabla de comparación de medias de tratamientos para la variable peso seco.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1.	Germinación fisiológica de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.) a diferentes concentraciones de CaCl_2	27
Figura 4.2.	Germinación fisiológica de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.) a diferentes concentraciones de NaCl	28
Figura 4.3.	Germinación fisiológica de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.) a diferentes concentraciones de MgCl_2	29
Figura 4.4.	Resultados finales de plántulas normales en por ciento con cuatro tipos de sales y tres concentraciones.....	31
Figura 4.5.	Comparación de medias entre los tratamientos y el testigo para la variable plántulas normales.....	34
Figura 4.6.	Resultados finales del porcentaje de plántulas anormales de chile con cuatro tipos de sales a diferentes concentraciones.....	35
Figura 4.7.	Gráfica de la comparación de medias entre los tratamientos y el testigo para la variable anormales.....	38
Figura 4.8.	Resultados finales del porcentaje de semillas muertas con cuatro tipos de sales y a diferentes concentraciones.	39
Figura 4.9.	Gráfica de la variable de semillas muertas, comparando los tratamientos con respecto al testigo.....	42
Figura 4.10.	Gráfica de la variable longitud de la plúmula.....	45
Figura 4.11.	Gráfica de la variable longitud de la raíz para cada tratamiento.....	47
Figura 4.12.	Gráfica que muestra la variable peso seco para cada tratamiento.....	49

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios Nuestro Señor por darme la oportunidad de vivir y salud para culminar mis estudios, por brindarme la dicha de gozar de unos ejemplares padres, hermanas, amigos y una excelente familia, además por las bendiciones que he recibido durante toda mi vida, por eso y mucho más, mil gracias padre santo.

Con cariño a mi “**ALMA MATER**”, por haberme cobijado y brindar los sabios conocimientos para culminar mi carrera profesional.

Con profunda admiración y respeto a la **Dra. Manuela Bolívar Duarte**, por su colaboración y correcciones del trabajo, además por su ayuda incondicional para la estructuración de este trabajo, por sus buenas orientaciones y sobre todo, por su amistad y por darme su confianza para ser el asesor principal de este trabajo.

Agradezco de manera muy especial al **Dr. Javier de J. Cortés Bracho**, por su valiosa amistad y apoyo brindado en la realización de este trabajo. También por su gran apoyo brindado a la generación CIV de irrigación.

Expreso mi profundo agradecimiento al **Mc. Félix Sánchez Pérez**, por confiar en mi y por la oportunidad brindada para realizar este trabajo, por su magnífica asesoría y por su gran apoyo para la culminación de la tesis.

A la **T.L.Q. Sandra Luz García Valdez** por su ayuda en el trabajo de laboratorio.

DEDICATORIAS

Con todo mi amor y respeto a mis padres:

Agustín Osorio Martínez

Y

Guadalupe Hernández Hernández

Por todo el amor, apoyo y esfuerzo que siempre 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 y la oportunidad de cumplir una de mis anheladas metas. Estoy muy agradecido con ustedes, Dios me los bendiga y conserve por mucho tiempo los quiero mucho.

A mis Hermanos (as)

Germán, Claudina, Rosaura, Isabel, Eduardo, Patricia, Eulogia y Beatriz a ellos con todo mi cariño y amor a quienes quiero y respeto mucho, por sus valores, enseñanzas y por la fortaleza que como familia nos une en los momentos de alegría y tristeza, los quiero mucho y que reciban las bendiciones de Dios nuestro señor.

A mis Tíos (as) Marcos, Aída, Mario, Ermila, Octavio y Estela por todos sus consejos, por su ejemplo de sencillez y humildad, por ser parte de mi formación haciendo de mí una persona de bien que Dios los bendiga hoy y siempre.

A mis cuñados Javier y Marcelo que depositaron su confianza en mí y por compartir momentos inolvidables con ellos.

A los compañeros, Roy, Bonifacio, Maguín, Altunar, Enrique, Miguel A., Eduardo Ríos, Elvía, Claudia, Neri, Roger, Héctor, Edwin, Teófilo, Orlando, Marisol y Areli. Les deseo lo mejor en esta vida y Dios bendiga sus vidas.

A los amigos de la iglesia, Isaac, Enrique, Anita, Yolanda, Porfirio, Gabriel, a todos ustedes, dignos de ejemplo, honradez, calidad humana y sencillez, que Dios los bendiga a todos.

RESUMEN

La salinidad de los suelos en México y en el mundo es un problema que afecta notablemente 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 cultivos desde la germinación ya que influye sobre los procesos fisiológicos reduciendo así el porcentaje de semillas germinadas.

Por lo tanto 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 chile (*Capsicum annuum* L.) con cuatro niveles diferentes de salinidad (testigo, 3 dS/m, 6 dS/m, 9 dS/m).

En el presente trabajo se usaron técnicas estadísticas para el análisis de variables plántulas normales, plántulas anormales, semillas sin germinar. El modelo estadístico fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial $3 \times 3 \times 4$ con un tratamiento extra. Cabe señalar que el análisis estadístico se realizó con la ayuda del paquete computacional Statgraphics Plus 6.

De acuerdo a los resultados obtenidos la sal que presentó mejor germinación fisiológica fue $CaCl_2$ con 3 dS/m, seguido de $MgCl_2$ a 3 dS/m. La sal con la que se presentó un mayor porcentaje de plántulas normales fue $CaCl_2$ a una concentración de 3 dS/m, seguido de $NaCl$. $MgCl_2$ a una concentración de 9 dS/m presentó el mayor número de plántulas anormales. Para la longitud de la raíz las sales que presentaron mayores valores fueron $NaCl$ a 3 dS/m, seguido de $MgCl_2$ a 3 dS/m. Para el peso seco se observó que $CaCl_2$ a 3 dS/m, seguido $NaCl$ a 3 dS/m fueron los mejores. En semillas muertas, el $CaCl_2$ a una concentración de 9 dS/m fue la que presentó un mayor porcentaje. Para la variable longitud de plúmula tenemos que $NaCl$ presentó un buen vigor a concentraciones menores de 6 dS/m. El sodio favoreció el desarrollo de la plúmula.

Los efectos causados por estas sales son: toxicidad y latencia, provocaron anormalidad e inhibieron las semillas.

I. INTRODUCCIÓN

El chile (*capsicum annum* L.) es un producto con una tradición milenaria en nuestro país. La historia ha permitido conocer que existen restos arqueológicos que datan de 5,000 a 7,000 mil años A.C., en el Valle de Tehuacán; inclusive se especula que pudo haber sido el primer cultivo realizado por el hombre mesoamericano, en varios sitios arqueológicos han sido encontrados evidencias de la existencia de Chile en la época prehispánica como semillas carbonizadas o partes de semillas (Laborde y Pozo, 1987).

En México el chile es considerado uno de los cultivos hortícolas más importantes con rendimientos de 9222 kg ha⁻¹. Los principales estados que producen este cultivo son los estados de Guanajuato, San Luís Potosí, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, es aquí en donde se obtiene la mayor producción nacional de chile seco, esto representa el 94 por ciento de la superficie nacional plantada. Hay algunas otras zonas de menor importancia en la costa de los estados de Sinaloa, Nayarit y Baja California Sur. De acuerdo a estadísticas México ocupa el sexto lugar a nivel mundial en la producción de chile (*Capsicum annum* L.) después de China, España, Turquía, Nigeria y la India (Lesur y Martínez, 2006).

La salinidad de los suelos en México y en el mundo es un problema que afecta notablemente a los cultivos, cada vez se va incrementando y que vamos a tener que aprender a convivir con ello. 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 del 50 por ciento de nuestro país esta comprendido por dichas zonas (Gutiérrez *et al.*, 1988).

A través de los años muchos de los suelos se han erosionando por el agua y por el aire, a esto le suma la mala calidad del agua de riego que han dado como resultado suelos con problemas de sodicidad y salinidad, debido a esto muchos cultivos se han visto afectados incluyendo el cultivo del chile. Sin embargo, el impacto en las regiones áridas y semiáridas es de gran magnitud ya que la mayoría son regiones que producen con riego y esto a traído como consecuencia que la salinización sea problema significativo en la producción.

La salinidad limita a cultivos desde la germinación ya que influye sobre los procesos fisiológicos reduciendo así 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 chile.

Justificación

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

La salinidad es uno de los problemas que limita la productividad de los cultivos, el efecto de las sales incide tanto en el crecimiento activo del embrión como en el crecimiento inicial de las plántulas, ya que influye sobre procesos fisiológicos como la imbibición de la semilla, activación y síntesis de enzimas, trasporte de sustancias hacia el eje embrionario y bioquímicos que se desencadenan en el proceso de germinación.

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

Objetivo

Evaluar el efecto de tres tipos de sales ($MgCl_2$, $CaCl_2$, y $NaCl$) en la germinación de la semilla de chile (*Capsicum annuum* L.) con cuatro niveles diferentes de salinidad (Testigo, 3 dS/m, 6 dS/m, 9 dS/m).

II. REVISION DE LITERATURA

Origen

Su origen se sitúa en el sur de América Latina (Perú, Bolivia y Brasil) desde donde se expandió al resto de América Central y Meridional; siglos antes de la llegada de los españoles al Continente Americano, el chile era cultivado y utilizado como alimento en la dieta diaria de estos pueblos, conjuntamente con el maíz, frijol y calabaza (Huerres y Carballo, 1987).

Pickersgill (1971) cita que el centro de origen y domesticación del chile (*Capsicum annuum* L.) es Mesoamérica, más propiamente México y Guatemala.

Es conocido el papel tan importante que tuvieron las culturas mesoamericanas en la domesticación del chile en México. Evidencia de ello es la gran variabilidad de formas cultivadas que se usan en el país y que gracias a la diversidad de ambientes agroecológicos y culturas, nos ofrecen una amplia gama de formas, colores, aromas, sabores y tamaños que constituyen una valiosa contribución de México a la gastronomía mundial (Laborde y Pozo, 1987).

El género *Capsicum* comprende de 20 – 30 especies en los trópicos y subtropicales, reconociendo los taxónomos modernos principalmente 5 especies cultivados: *Capsicum annum* L., *C. chinenses* J., *C. pendulum* W., *C. frutescens* L. y *C. pubescens* R. (Pérez et al., 1997)

Clasificación Taxonómica (Janick, 1985)

Reino - Vegetal
División - Traceophyta
Sub-división - Pterosida
Clase - Angiospermae
Subclase - Dicotiledónea
Orden - Solanáceas
Familia - Solanaceae
Genero - *Capsicum*
Especie - *Annuum*

Descripción Botánica

El chile es una hortaliza arbustiva perteneciente a la familia de las Solanáceas, bianual o perenne en países con clima tropical o bajo invernadero y anual en países con clima subtropical o templado.

Semilla. Son abundantes y miden de 3 a 5 mm de longitud, de forma aplanada y de color amarillo pálido, es dicotiledóneo con germinación epigea (Valadez, 1997).

Tallo. Es de forma leñoso y erecto, con una altura de 1 a 2 m. Hay una ramificación dicotómica hasta la aparición de la primera flor. Las hojas son aovadas, lisas y agudas en las orillas y de color verde oscuro.

Flor. Es hermafrodita (estambre y pistilo en la misma flor). El cáliz es corto con 5 ó 6 lóbulos unidos, la corola esta alternada, las flores aparecen solas o en grupos de 2 a 3 en la axila de la rama y se desarrollan sobre pedúnculos, generalmente sólo una flor cuaja para el fruto.

Hojas. Son simples y varían de tamaño, además son ovaladas o lanceoladas, el ápice es acuminado, la base es cuneada o aguda y el pedicelo es alargado (Valadez, 1997).

Fruto. Es una baya ahuecada por dentro comprendiendo tres partes: la pulpa, receptáculo y semillas. El fruto está dividido en lóculos por divisiones internas de 2 a 5 lóculos y una placenta central, dependiendo de la variedad y de las condiciones de crecimiento; el tamaño y forma del fruto (elongado, corto, cuadrado, cónico aplanado), color (verde o rojo) y sabor (dulce o picante) depende de la variedad. Las semillas están sujetadas aleatoriamente a la placenta o están dispuestas en densas hileras en donde un millar de semillas pesa de 6 a 7 gr. La capacidad de germinación en semillas comerciales actualmente es de 75-95 por ciento.

Raíz. El sistema radical es pivotante y profundo, pudiendo llegar a medir de 0.70 a 1 m y lateralmente hasta 1.20 m; pero la mayoría de las raíces están a una profundidad de 5 a 40 cm. La raíz principal es fuerte y se desarrollan profusamente varias raíces laterales, extendiéndose hasta 1 m, reforzadas por un elevado número de raíces adventicias (Valadez, 1997).

Producción Mundial de Chile

La producción mundial de chile se registra en más de 97 países, mismos que muestran un volumen promedio de 1993-2003 de 18,038.2 miles de toneladas; de donde sobresalen diez países, dentro de los cuales se encuentran ubicados como principales productores a China y México, contribuyendo este último con un volumen promedio de 1, 853, 610 ton con un rendimiento de 13.17 ton/ ha, que representa el 8 por ciento de la producción mundial (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera - SIAP , 2003) como se muestra en el cuadro 1.1.

Cuadra 1.1. Principales países productores de chile (SIAP, 2003).

PAIS	AREA(mil Ha)		Incremento %	Vol. Mundial
	1995	2004		
China	302.4	602.5	99	50.0%
Ghana	19.3	75.0	288	-
México	76.0	140.7	85	8.0%
Turquía	57.0	88.0	40	7.5%
España	22.9	22.7	-	4.3%
EE.UU.	27.3	31.9	17	3.6%

Producción Nacional de Chile

En nuestro país tiene una importante participación en el sector de las hortalizas. A mediados de la década pasada, este producto logró alcanzar el primer lugar en superficie cosechada y el tercero en volumen de producción obtenido dentro de las hortalizas más representativas.

En volumen de producción que se registró en 1993 fue de 63,772 toneladas, para el 2002 este ascendió a 81,541 toneladas; el volumen promedio registrado en el periodo de análisis es de 66,501 toneladas, que registró una participación promedio por estado de la siguiente manera: Zacatecas 53 por ciento, San Luís Potosí 25, Chihuahua 10, Durango 10, Jalisco 4 por ciento, Querétaro y Nayarit el 1 por ciento respectivamente. El 0.2 por ciento restante lo aporta Oaxaca, Michoacán y Sonora (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera - SIAP, 2003) como los muestran en los cuadros 1.2 y 1.3

Cuadro1.2. Superficie cosechada de los principales estados productores de chile seco (SIAP, 2003).

Estado	Producción (miles de hectáreas)
Zacatecas	38
San Luís Potosí	13
Durango	8
Jalisco	3.5

Cuadro1.3. Superficie cosechada de los principales estados productores de chile verde (SIAP, 2003).

Estado	Producción (miles de hectáreas)
Chihuahua	15 a 20
Sinaloa	10 a 16
Guanajuato	8 a 10
Veracruz	3 a 5

Germinación

Morales (1992) define a la germinación como unas series complejas de cambios bioquímicas y fisiológicas que dan como resultado la iniciación del crecimiento y movilización de las sustancias en reserva dentro de la semilla para ser utilizadas por el embrión en su crecimiento y desarrollo.

Desde el punto de vista morfológico, la germinación se define como la reanudación del crecimiento activo en partes del embrión, lo cual provoca la ruptura de los tegumentos seminales y el brote de la nueva planta según Meyer *et al.*, 1972, citado por Morales (1992). Desde el punto de vista fisiológico, es la reanudación del metabolismo y el crecimiento, incluyendo además el cambio hacia la transcripción del genomio. Desde el punto de vista de tecnología de semillas (Internacional Seed Testing Association ISTA, 1985) es la emergencia y el desarrollo a partir del embrión de aquellas estructuras esenciales dependiendo del tipo de semilla de que se trate, son indicadores en su habilidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables.

Proceso para la Germinación

Hartmann y Kester (1988) dividen el proceso de germinación en tres etapas:

Imbibición. La absorción inicial implica la imbibición de agua por los coloides de la semilla seca, que suaviza las cubiertas e hidrata al protoplasma.

La absorción del agua depende de:

- Composición de la semilla. El componente responsable de la imbibición son las proteínas.
- Permeabilidad de la cubierta de la semilla. El área micropilar es el área por donde entra la humedad de la semilla, aunque también puede realizarlo por la cubierta.
- Disponibilidad de humedad del suelo.
- Grado de contacto de la semilla con el suelo.
- Temperatura del suelo.

Activación enzimática. Al iniciarse la imbibición, ciertas enzimas empiezan a romper el alimento almacenado (enzimas hidrolíticas como fosfatasa, ribonucleasa que degradan carbohidratos, lípidos, proteínas, etc.) a formas solubles y la translocan a los puntos de crecimiento del embrión.

Iniciación del crecimiento del embrión. La primera evidencia del proceso de germinación es la protusión de la radícula a través de la cubierta de la semilla, posteriormente emerge la plúmula. Cada uno continúa su desarrollo y crecimiento (tamaño y peso); la radícula para dar suficiente anclaje a la plántula toma nutrientes y agua, la plúmula al emerger sobre la superficie del suelo deja de depender de sus reservas iniciando así el proceso de fotosíntesis, al elaborar su propio alimento, con ello empieza a crecer y a establecerse en el suelo una nueva planta.

Requerimientos para la Germinación

Viabilidad de las semillas. Es el periodo de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Es un periodo variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento. Salisbury y Ross (1994) reportan 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 cálidas. Parte de la pérdida, quizá se deba a organismos patógenos internos.

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

Factores Ambientales que Influyen en la Germinación

Agua. El agua es un requerimiento básico para la germinación, es esencial para la actividad enzimática, ruptura, translocación y el uso de material de reserva almacenado. En su estado de reposo las semillas son característicamente menores en humedad y relativamente inactivas metabólicamente.

La humedad. Se establecen los requerimientos de la humedad durante todo el periodo de la prueba de germinación, donde se indica que durante el tiempo de la prueba, ésta no debe ser excesiva al grado de formar una película alrededor de la semilla; tampoco deben presentarse niveles bajos de humedad en el sustrato. La cantidad de agua necesaria dependerá de la naturaleza y dimensión de los sustratos, siendo factible aplicar riegos durante la prueba, aunque la misma puede ser causa de posible variación en los resultados.

Las etapas iniciales pueden proceder fácilmente en un medio con humedad disponible, a pesar de que estas condiciones no son adecuadas para una germinación completa. Las semillas de maíz empiezan a germinar a una humedad (peso fresco base) de 30.5 por ciento; arroz con 26.5 por ciento, soya con 50 por ciento y remolacha azucarera con 31 por ciento (Copeland y McDonald, 1985). Altos niveles de humedad pueden inhibir la germinación.

Aire (oxígeno y bióxido de carbono). La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de oxígeno (O_2) y bióxido de carbono (CO_2). De esta forma el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas. La mayoría de las semillas germinan bien en atmósfera normal con 21 por ciento de O_2 y un 0.03 por ciento de CO_2 . La influencia del bióxido de carbono (CO_2) en la germinación de semillas es usualmente opuesta a la del oxígeno. Muchas semillas dejan de germinar si la presión parcial es incrementada hasta 0.03 por ciento de aire; sin embargo, un decremento usualmente no estorba la germinación (Copeland y McDonald, 1985). Para que la germinación tenga éxito, el O_2 disuelto en el agua de imbibición debe llegar hasta el embrión. A todo lo anterior hay que añadir que la temperatura modifica la solubilidad del O_2 en el agua que absorbe la semilla, siendo menor la solubilidad a medida que aumenta la temperatura. El arroz puede germinar casi en la ausencia completa de oxígeno a pesar de que las plántulas son débiles y anormales.

Temperatura. Para los autores anteriores la germinación de las semillas es un proceso complejo en el que intervienen reacciones y procesos individuales, cada uno de los cuales es afectado por la temperatura. Dicho efecto puede expresarse en términos de temperaturas cardinales, es decir, la temperatura mínima óptima será aquella en donde se obtenga el más alto porcentaje de germinación en el menor tiempo, la mínima y la máxima es la temperatura abajo y arriba de la cual la semilla ya no germina.

En el ISTA (1985), se prescriben las condiciones de temperatura para las diferentes especies en donde se menciona que dentro de la cámara de germinación, debe de existir uniformidad de condiciones; sin excederse del nivel recomendado de temperatura con una variación de +/- 1°C. También se prescribe que la menor temperatura debe mantenerse por 16 hr, siendo este periodo donde se aplica la luz.

Luz. El mecanismo de control de la luz en la germinación de la semilla es similar a aquél que controle la inducción floral, la elongación de tallo y la formación de pigmentos en ciertas frutas y los niveles de desarrollo radical de ciertas plántulas y el desdoblamiento de hipocotilo de las plantas del frijol. La influencia en la germinación de la semilla depende de la especie y variedad, así como los factores ambientales antes y durante la germinación (Copeland y McDonald, 1985).

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 consecuencias graves en zonas del Golfo de México. Actualmente en México existen de 80 a 1 millones de hectáreas con diferentes grados de salinidad tanto en zonas naturales, temporal como de riego; en estas ultimas se estima que aproximadamente 5 millones de hectáreas están bajo un proceso de salinización (Feuchter, 2002).

El problema de la 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 largo plazo, originando que en la actualidad del total de hectáreas de riego abiertas al cultivo, más del 30 por ciento tengan problemas de sales en diferentes grados, ocasionando una baja en productividad (Guerra, 1993)

Suelo salino. Las características químicas de los suelos salinos quedan determinadas principalmente por el tipo y cantidad de sales que se presenten. 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).

Las características de los suelos salinos son: Conductividad Eléctrica del extracto de saturación mayor de 4 (dS/m) a 25 °C, porcentaje de sodio intercambiable (PSI) menor de 15 y pH generalmente menor de 8.5. Estos suelos se definen como suelos “álcali blanco” o “solonchaks” según autores rusos. Casi siempre se reconocen por la presencia de costras blancas de sal en la superficie. Las características químicas quedan determinadas principalmente por el tipo y cantidad de sales presentes, las cuales determinan la presión osmótica de la solución del suelo (Richards, 1970; citado por Estrada, 1997).

Factores que Favorecen el Proceso de Salinización

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 sobre riego o excedentes que sirven para arrastrar las sales a través del perfil y sacarlos de la zona 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 ello se acumulan más rápido.

Topografía. La topografía accidentada, las variaciones geológicas y edafológicas facilitan la formación de acuíferos y represamientos superficiales que incrementa 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 iones de las sales disueltas, dado que los iones tienen capacidad para transmitir la corriente eléctrica. La conductividad eléctrica está íntimamente correlacionado con la suma de aniones o cationes que se determinan químicamente y con los sólidos totales disueltos (Peña, 1980).

Efecto de la Salinidad en la Germinación

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

La salinidad produce una disminución en el porcentaje de semillas germinadas y un aumento en el tiempo de germinación y emergencia, así como una disminución de la tasa de absorción de agua por las semillas en germinación (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 coleóptilo de la cubierta de la semilla, como un criterio para la germinación. Con este criterio se han 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 tolerancia a las sales. Esto puede conducir resultados erróneos ya 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 suelos con sales en los cuales las semillas producen raíces y parte del coleóptilo y este 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, de 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 esta se inicia el desarrollo de la plántula, la cual se alimenta de compuestos orgánicos complejos obtenidos del remanente del endospermo y productos fotosintetizados.

Etapas 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 es en la heterotrófica y autotrófica, ya que en la primera puede inhibirse la imbibición de 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 pueden 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 compensará la reducción en el porcentaje de germinación; sembrar en seco y después regar; esto permite que la semilla permanezca mayor tiempo en contacto con un contenido de agua elevado 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, originando presiones osmóticas 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).

Las plantas halófitas (resistente a la salinidad) están adaptadas a un amplio rango de concentraciones salinas en sus tejidos vegetales y en el suelo. La dilución y la expulsión de las sales son otras formas en que las plantas halófitas regulan la concentración de sal en su interior.

Existen plantas suculentas que acumulan gran cantidad de agua en su tejido, pueden diluir la concentración salina en sus células. Algunas especies de *Atriplex*, (costilla de vaca), tienen glándulas que les permiten depositar, sobre la superficie de las hojas, cantidades considerables de sal, que pueden ser lavados posteriormente por las lluvias o por la condensación de la neblina. (Levitt, 1984; citado por Michel, 1992)

Efecto del Cation Sodio (Na)⁺

Según Chapman (1973), el sodio juega un papel importante en la relación suelo-planta, particularmente en regiones áridas y semiáridas. El sodio es benéfico para el crecimiento de algunas plantas. Muchas de ellas que excluyen sodio desde sus retoños acumulan cantidades considerables en sus raíces. El mecanismo para la exclusión puede ser relacionado al proceso por el cual los iones son transferidos por fluidos del Xilema. En soluciones nutritivas los síntomas por deficiencia de sodio son: el paro de crecimiento, amarillamiento de hojas pequeñas y en pequeñas cantidades, el desarrollo de áreas blancas necróticas a lo largo de las puntas y bordes de los cotiledones y hojas viejas.

Nieman, 1962; citado por Estrada, (1995) experimentó en invernadero con 12 especies de plantas irrigadas con solución nutritiva a las que se les adicionó NaCl para producir 1, 2, 3 y 4 atm de presión osmótica, observó el efecto de los potenciales osmóticos generadas en algunos factores del crecimiento, evaluadas en las partes superiores frescas de la planta. Dicho autor reporta que las especies tolerantes presentan una variación muy pequeña comparada con plantas desarrolladas en solución nutritiva testigo, mientras que especies sensibles observó una severa depresión y muerte. Asimismo, señala que el NaCl ocasiona disminución considerable de la actividad fotosintética por unidad de área. Finalmente, observó que la respiración de las hojas fue más sensible al NaCl y tuvo una tendencia a incrementarse en ambas especies tolerantes a la salinidad.

Efecto del Cation Magnesio (Mg)⁺⁺

Meiri (1969) señala que es conocido el efecto de este ión sobre el crecimiento de las plantas ya que influye fuertemente en la reducción de Ca⁺⁺, provocando así deficiencias. Cuando altas concentraciones de Mg⁺⁺ se combinan con altas concentraciones de Ca⁺⁺, no ocurre efecto de ión específico.

El magnesio es el único elemento metálico contenido en la clorofila, es 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 Cation 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 la planta con bajos niveles de calcio (Chapman, 1973).

El mismo autor menciona que el calcio soluble es conocido como un requerimiento para un 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 ya que poseen las células viejas para construir las nuevas.

Efecto del Anión Cloro (Cl)⁻

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

Efectos Sobre la Producción de Chile

El chile es uno de los cultivos hortícolas más importantes en el mundo, se clasifica como moderadamente sensible a la salinidad. Su crecimiento y rendimiento se reducen en 14 por ciento por cada unidad de conductividad eléctrica en el extracto de saturación del suelo (CE) a partir de 1.5 dS/m (Maas, 1993). Como se muestra en la cuadro 1.4 que tiene efectos negativos sobre la producción del chile.

Cuadro 1.4. La productividad de los cultivos del distrito de riego 038, Río Mayo, Sonora. (Feuchter, 2002)

CULTIVO	SALINIDAD CRITICA dS/m	% DE REDUCCIÓN EN EL RENDIMIENTO POR CADA dS/m DE AUMENTO.			
		dS/m	DECREMENTO %	dS/m	DECREMENTO %
FRIJOL	1.0	2.0	3.5	3.0	18.9
CHILE	1.5	2.5	5.0	3.5	14.1
PAPA	1.7	2.7	6.0	3.7	12.0
MAIZ	1.8	2.8	8.5	3.8	7.4
ALFALFA	2.0	3.0	9.0	4.0	7.3
CALABAZA	2.5	3.5	5.0	4.5	16.0
PEPINO	2.5	3.5	6.5	4.5	13.0
CHICHARO	2.5	3.5	7.0	4.5	10.0
TOMATE	2.5	3.5	8.0	4.5	9.9
SORGO	4.8	5.8	12.0	6.8	8.0
TRIGO	6.0	7.0	13.0	8.0	7.1
CÁRTAMO	6.5	7.5	12.0	8.5	5.5
ALGODÓN	7.7	8.7	17.0	9.7	5.0
CEBADA	8.0	9.0	18.0	10.0	5.0
PASTOS	8.5	9.5	20.0	10.5	4.5

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

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

Material Utilizado

Semilla. Para este estudio se empleó la semilla de una variedad criolla de chile (*Capsicum annuum L.*) de la localidad conocida como Pozos de Matanza, ubicada en el municipio de Moctezuma el cual pertenece a la región norte del estado de San Luís Potosí, México.

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

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, como lo muestra el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Descripción de los tratamientos.

No	Tratamientos	Niveles dS/m	Descripción
1	Cloruro de Calcio (CaCl ₂)	3	Se le aplicó 0.1665 gr/100 mililitros, para 100 semillas éstas se dividieron en 4 repeticiones de 25 semillas cada una.
		6	Se le aplicó 0.333 gr/100 mililitros, para 100 semillas éstas se dividieron en 4 repeticiones de 25 semillas cada una.
		9	Se le aplicó 0.4995 gr/100 mililitros, para 100 semillas éstas se dividieron en 4 repeticiones de 25 semillas cada una.
2	Cloruro de Magnesio (MgCl ₂)	3	Se le aplicó 0.141 gr/100 mililitros, para 100 semillas éstas se dividieron en 4 repeticiones de 25 semillas
		6	Se le aplicó 0.282 gr/100 mililitros, para 100 semillas éstas se dividieron en 4 repeticiones de 25 semillas cada una.
		9	Se le aplicó 0.423 gr/100 mililitros, para 100 semillas éstas se dividieron en 4 repeticiones de 25 semillas cada una.
3	Cloruro de Sodio (NaCl)	3	Se le aplicó 0.174 gr/100 mililitros, para 100 semillas éstas se dividieron en 4 repeticiones de 25 semillas cada una.
		6	Se le aplicó 0.348 gr/100 mililitros, para 100 semillas éstas se dividieron en 4 repeticiones de 25 semillas cada una.
		9	se le aplicó 0.522gr/100 mililitros, para 100 semillas éstas se dividieron en 4 repeticiones de 25 semillas cada una.
4	Testigo	0	Se le aplicó agua destilada hasta que el papel filtro se humedeciera uniformemente.

Cámara. Se utilizó la cámara germinadora de alta capacidad a una temperatura 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 una caja petri.

Preparación de las sales puras

La cantidad de solutos requerido para preparar las soluciones de las diferentes sales puras (Cuadro 3.2) se determinó usando las ecuaciones 3.3 y 3.2, según Aceves (1979).

$$\text{ppm} = 640(\text{CE} * 10^3) \quad (3.1)$$

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

$$\text{meq/l} = 10 (\text{CE} * 10^3) \quad (3.2)$$

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

$$\text{P.O.} = \text{CE} * 0.36 \quad (3.3)$$

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

CE	Sales		
	(NaCl) g/100 ml	(CaCl ₂) g/100 ml	(MgCl ₂) g/100 ml
3	0.174	0.1665	0.141
6	0.348	0.333	0.282
9	0.522	0.4995	0.423

Preparación de la semilla

Las semillas fueron seleccionados de tamaño uniforme para la germinación del chile (*Capsicum annuum* L.). Cabe mencionar que a estas semillas no se les hizo ningún tratamiento para su manejo de germinación.

Siembra

- 1) . Se tomó en cuenta una muestra de 100 semillas, se hicieron cuatro repeticiones de cada una de los tratamientos.
- 2) . Se colocaron las semillas en cajas petri con doble papel filtro, previamente humedecidas con diferentes sales.
- 3) . Las cajas petri ya sembradas se colocaron al azar en la cámara germinadora a 25 °C y se le aplicó la solución cada tercer día.
- 4) . A los 14 días se hizo la evaluación anotando el número de plántulas normales, anormales y semillas muertas.
- 5) . Se tomó una muestra al azar de 10 plántulas normales y se tomaron mediciones de radícula y plúmula.
- 6) . Se llevaron a peso seco las plántulas normales, a una temperatura de 60-65 °C por 24 horas y después se tomó el peso seco.

Variables Evaluadas

Germinación Fisiológica. Se consideraron 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 tercer día, durante el desarrollo de toda la prueba.

Plántulas Anormales. Son todas aquéllas que no pueden ser clasificadas como normales por tener alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales (Moreno, 1976). El conteo de esta variable se realizó cuando las plántulas se manifestaran como anormales.

Semillas Muertas. Estas semillas se registran al final de la prueba. Fueron aquéllas que presentaron incapacidad para germinar.

Longitud Media de Plúmula y Radícula. Las plántulas utilizadas para determinar la longitud media de plúmula y radícula provinieron de las plantas normales y uniformes de la prueba de germinación estándar las cuales fueron 10 plantas tomadas al azar por repetición; se midió la longitud de plúmula y radícula en mm con la ayuda de una regla graduada en forma independiente para cada tratamiento. Las longitudes de plúmula y radícula sólo se dividieron para la obtención de una media general por repetición para cada tratamiento.

Peso Seco de la Plántula. Las mismas 10 plántulas que se midieron de cada repetición por tratamiento se guardaron en bolsas 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 obtener el peso seco.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

En el presente trabajo se usaron técnicas estadísticas para el análisis de variables plántulas normales, plántulas anormales, semillas sin germinar. El modelo estadístico fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x3x4 con un tratamiento extra.

Siendo:

Factor A: Sales

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

Repeticiones: 4

El modelo estadístico es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \beta_j + (AB)_{ij} + \xi_{ijk}$$

Donde:

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

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

$k = 1, 2, 3, 4$ Número de repeticiones

μ = Efecto de la media poblacional

A_i = Efecto del i -ésimo tipo de sal

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

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la i, j -ésimo interacción de tipos de sal y valores de presión osmótica

ξ_{ijk} = Error experimental del i, j -ésimo tratamiento en su k -ésima repetición

Se empleó también un diseño completamente al azar para aquellas variables de longitud de la radícula, longitud de plúmula, peso seco.

Se realizó un análisis estadístico para ver la normalidad de los datos obtenidos de cada variable y de esa manera comprobar los supuestos del modelo; los resultados de las variables evaluados estuvieron expresados en porcentaje por lo que fueron transformados como lo recomienda Steel y Torrie (1988), mediante la siguiente ecuación (3.4).

$$\text{arcsen} \sqrt{\frac{X}{100}} \quad (3.4)$$

Donde X es el por ciento del dato a transformar.

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

$$\text{arcsen} \sqrt{\frac{X + .005}{100}} \quad (3.5)$$

Cabe señalar que el análisis estadístico se realizó con la ayuda del paquete computacional Statgraphics Plus 6. Una vez obtenido los análisis de varianza se procedió a hacer la prueba estadística de comparación de medias con la prueba de "Tukey"; para determinar el efecto que tuvieron las sales sobre la germinación del chile y a que niveles de sales fue mejor.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación Fisiológica

A pesar de que se determinó a un plazo de 21 días para la germinación del chile, 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 testigo sin sal.

Bajo condiciones normales, es decir en el testigo llegó a tener un 96 por ciento de germinación fisiológica al 15avo. día.

La mayor germinación fisiológica bajo condiciones salinas se obtuvo en CaCl_2 a 3 dS/m hasta un 92 por ciento al 12avo. día, con 6 dS/m se obtuvo 88 por ciento durante el mismo periodo. Para esta sal (Figura 4.1), se observó una disminución en la germinación al aumentar la concentración. Con 3 dS/m hubo un 12avo. día, con 9 dS/m hubo un 41 por ciento al 19avo. día. Observándose que a medida que aumenta la concentración se retarda la germinación. Esto comprueba lo mencionado por Ramírez (1988) que niveles moderados de sales generalmente retardan la germinación y además afectan el porcentaje de emergencia, depende del cultivo y del tipo de sal presente.

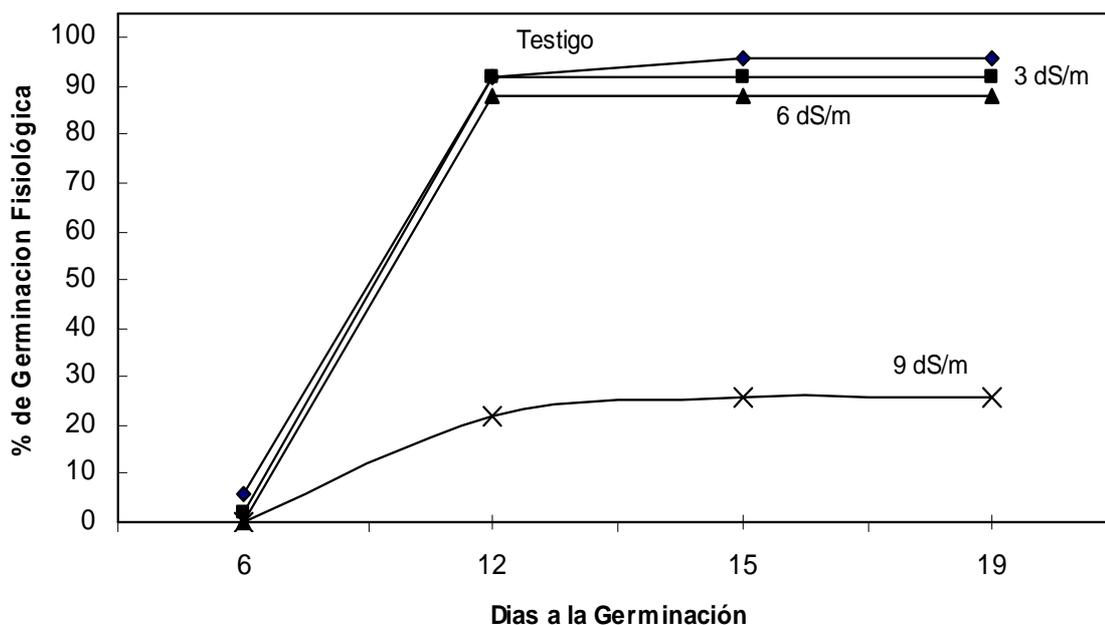


Figura 4.1 Germinación Fisiológica de Chile (*Capsicum annum* L.) a diferentes concentraciones de CaCl_2 .

Con 3 dS/m de NaCl se logró el 91 por ciento (Figura 4.2); la germinación se logra 15avo. día y con 9 dS/m hubo un 88 por ciento al 15avo día, quedando al final 6 dS/m con 87 por ciento durante el mismo periodo. Puede observarse en la figura 4.2 que con esta sal el chile tolera menos los niveles de salinidad, ya que no tuvo un buen porcentaje en las concentraciones de 6 y 9 dS/m, estas concentraciones retrasan e inhiben la germinación. Con 9 dS/m no se registran efectos tóxicos ya que esta concentración fue superior a 6 dS/m.

Si tomamos en cuenta que en condiciones normales los días registrados para la germinación del chile son 15. Se observó que el NaCl retardó la germinación, pero también estimuló a la semilla pues la mayor germinación se registra hasta 19avo. día.

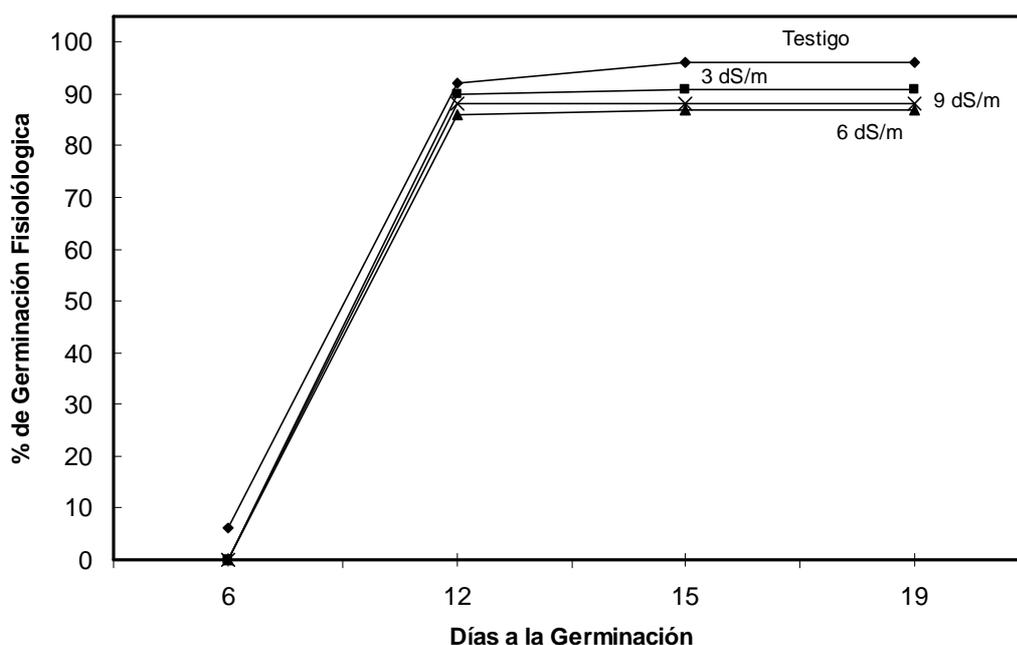


Figura 4.2 Germinación Fisiológica de chile (*Capsicum annuum* L.) a diferentes concentraciones de NaCl.

Así mismo se observó que a bajas concentraciones el chile tolera las sales, pues con NaCl la cantidad de semillas germinadas fueron muy similares. En general se observó que NaCl es una sal que estimula la

germinación del chile, puesto que se obtuvieron valores altos en las tres concentraciones.

El $MgCl_2$, mostró que a mayor concentración de sal hubo menor germinación, con esta sal se observó un buen porcentaje de germinación fisiológica. A una concentración de 3 dS/m es la que mejor germinación fisiológica presentó un 92 por ciento a los 15 días (Figura 4.3) se observó que bajo condiciones no salinas fue mejor que cada una de las sales.

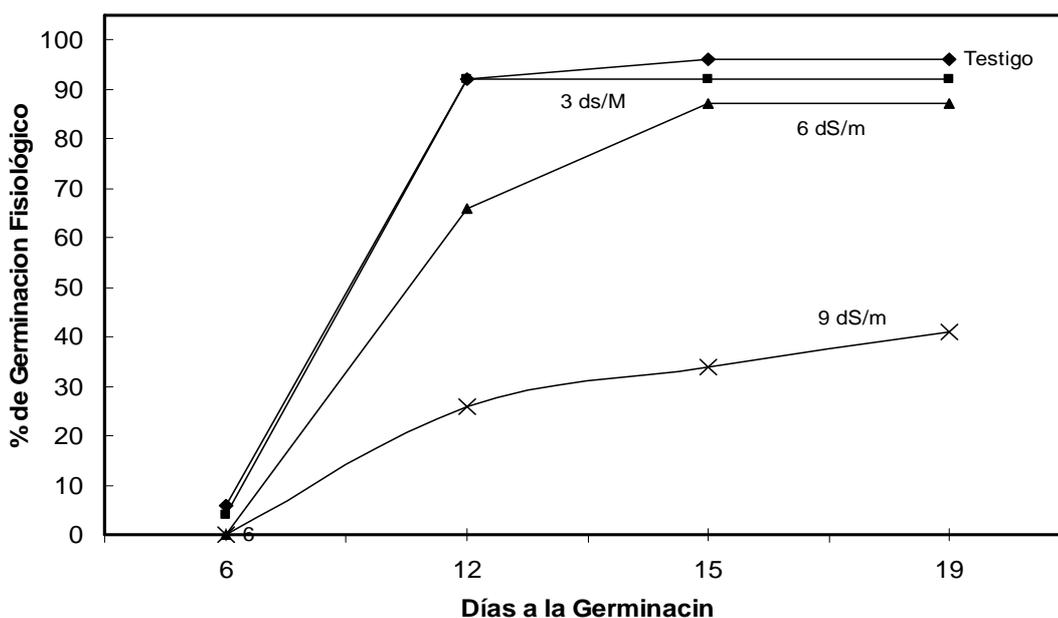


Figura 4.3 Germinación Fisiológica de chile (*Capsicum annum* L.) a diferentes concentraciones de $MgCl_2$.

Cabe mencionar que la germinación fisiológica a 6 dS/m fue de 87 por ciento, se puede decir que la sal retrasó la germinación.

En general se observó que el porcentaje de germinación fisiológica se ve afectado por esta sal cuando aumentó la concentración. A concentraciones de 9 dS/m las semillas se volvieron más sensibles a los efectos tóxicos de la sal, debido a que se registra una germinación fisiológica de 41 por ciento y se observó que la sal retarda la germinación.

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

El tiempo requerido para cuantificar la germinación fisiológica en condiciones salinas se puede decir que es a los 19 días en el caso del chile (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Porcentaje de germinación fisiológica del chile bajo tres tipos de sales a tres concentraciones.

Sales	Conc. (dS/m)	G. F (%)	Día						
Testigo	0	6	6	92	12	96	15	96	19
	3	2	6	92	12	92	15	92	19
CaCl_2	6	0	6	88	12	88	15	88	19
	9	0	6	22	12	26	15	30	19
	3	0	6	90	12	91	15	91	19
NaCl	6	0	6	86	12	87	15	87	19
	9	0	6	88	12	88	15	88	19
	3	4	6	92	12	92	15	92	19
MgCl_2	6	0	6	66	12	87	15	87	19
	9	0	6	26	12	34	15	41	19

Podemos decir que a los 15 días ya había germinación fisiológica, y después de esto días siguieron emergiendo algunas plántulas de manera lenta y en poca cantidad.

Plántulas Normales

La figura 4.4 muestra los porcentajes de plántulas normales, en donde el CaCl_2 presenta un 90 por ciento, dejando al final a CaCl_2 con 9 dS/m con 20 por ciento. La germinación bajo condiciones normales, es decir en el testigo llegó a tener un 88 por ciento de germinación.

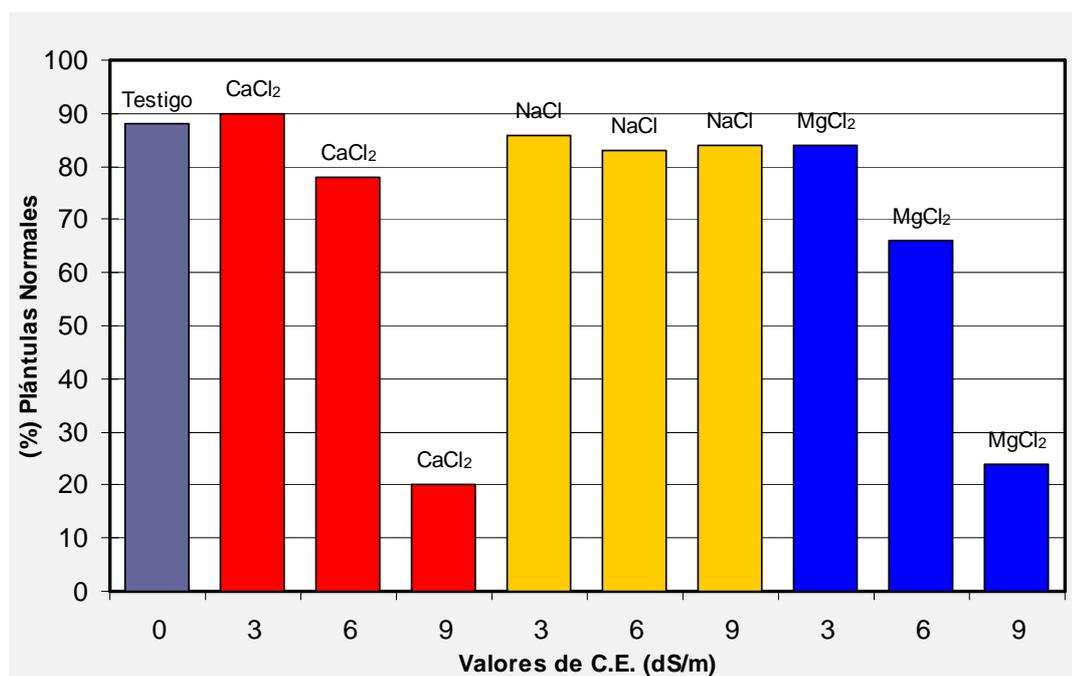


Figura 4.4 Porcentaje de plántulas anormales de Chile con cuatro tipos de sales a diferentes concentraciones.

En NaCl el mayor porcentaje de plántulas normales es de 86 por ciento a una concentración de 3 dS/m, en esta sal el porcentaje de plántulas normales fueron muy similares.

El MgCl_2 obtuvo 84 por ciento de plántulas normales a una concentración de 3 dS/m, esta sal mostró un mayor porcentaje de plántulas anormales.

Por lo tanto, CaCl_2 con 3 dS/m registró 90 por ciento y es el que presenta un mayor número de plántulas normales bajo condiciones de sales. Se observó que a mayor concentración de sal disminuye el número de plántulas normales (Cuadro 4.2). La sal ocasionó que se retrasara la germinación y esto propició que se retrasaran las plántulas normales.

Cuadro 4.2. Porcentaje de plántulas normales del chile bajo tres concentraciones y tres tipos de sales.

Sal	Concentración (dS/m)	P. normales (%)
CaCl_2	3	90
	6	78
	9	20
NaCl	3	86
	6	83
	9	84
MgCl_2	3	84
	6	66
	9	24
Testigo	0	88

El análisis de varianza muestra (Cuadro 4.3) que hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos y las interacciones así como de cada uno de los factores.

Cuadro 4.3 Análisis de varianza de la variable plántulas normales.

FV	GI	Fc	0.05 *	0.01**	Significancia
Test-factorial	1	12.833	4.1131	7.396	**
A (sales)	2	20.558	3.2594	5.248	**
B (atm)	2	61.1237	3.2594	5.248	**
A X B	4	15.212	2.6353	3.89	**
E. E	36				
Total	40				

*. **. 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 4.4), tenemos que CaCl_2 a una concentración de 3 dS/m es el que presentó mayor número de plántulas normales y además superó al testigo seguido de NaCl con 3 dS/m. 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 la variable plántulas normales.

Sal	Concentración (dS/m)	Medias*	Significancia**
CaCl_2	3	74.184	A
	6	62.279	A
	9	23.813	B
NaCl	3	68.425	A
	6	65.985	A
	9	66.584	A
MgCl_2	3	66.77	A
	6	54.601	B
	9	29.229	B
Testigo	0	69.733	A

* Medias transformadas.

** Medias con letra iguales son estadísticamente iguales.

Con esto podemos decir que CaCl_2 presentó más plántulas normales, seguido de NaCl y al final MgCl_2 . La mejor concentración para plántulas normales fue 3 dS/m ya que se observó que a bajas concentraciones de sales 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.

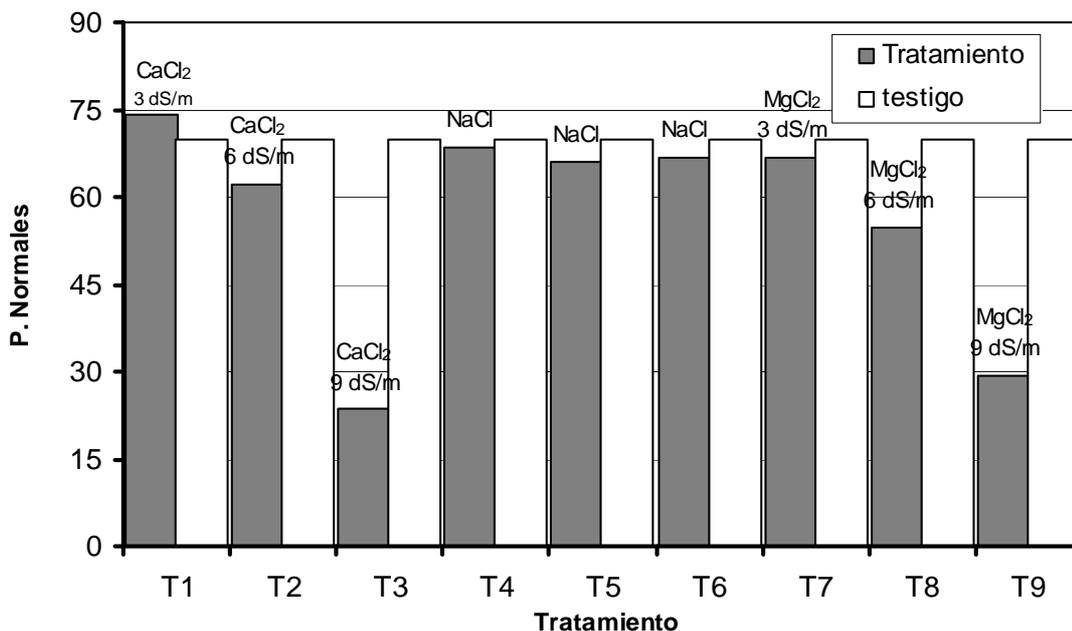


Figura 4.5 Comparación de medias entre los tratamientos y el testigo para la variable plántulas normales.

Plántulas Anormales

Después de haber analizado la variable plántulas normales, seguiremos con el análisis de las plántulas anormales. El testigo obtuvo valores menores de uno por ciento, es decir que la mayoría de las plántulas fueron normales (Figura 4.6).

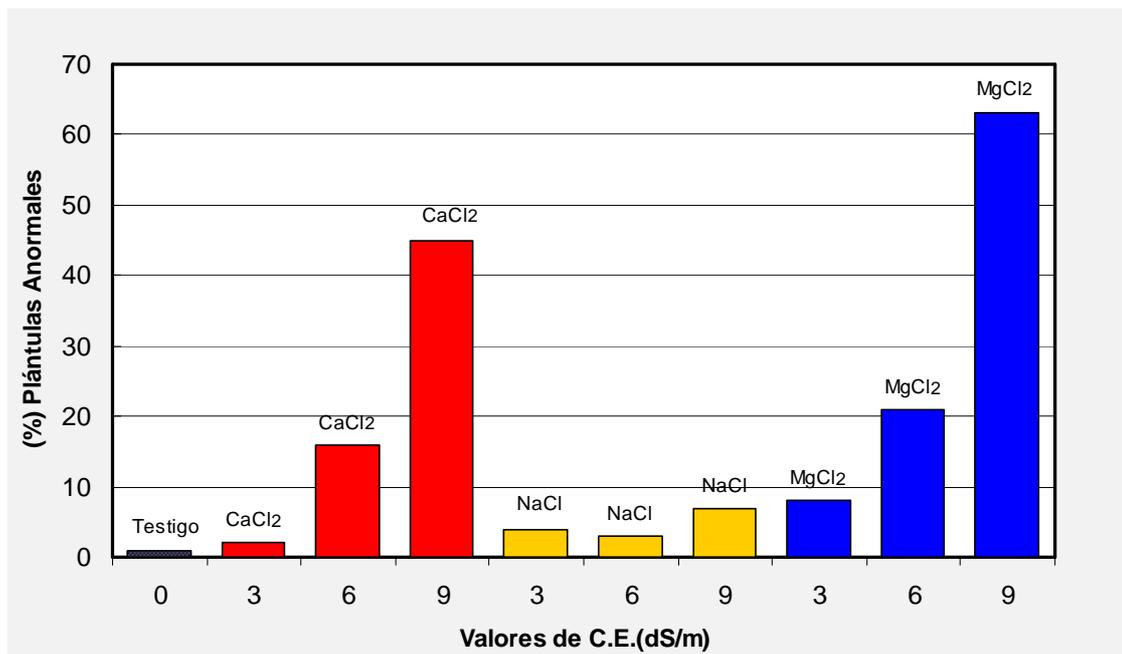


Figura 4.6 Porcentaje de plántulas anormales de Chile con cuatro tipos de sales a diferentes concentraciones.

Con CaCl₂ a una concentración de 9 dS/m fue mayor el porcentaje de plántulas anormales (45 por ciento) dejando al final a CaCl₂ con 3 dS/m con dos por ciento. Se observó que aumentó el número de plántulas anormales al aumentar la concentración de sal.

Con 9 dS/m de NaCl se registraron valores de siete por ciento seguido de 3 dS/m dejando al final a 6 dS/m. NaCl fue la sal que registró un menor número de plántulas anormales en las tres concentraciones.

El $MgCl_2$ a una concentración de 9 dS/m fue la sal en donde se presentó el mayor porcentaje de plántulas anormales con 63 por ciento debido a su alta concentración. A niveles moderados de sal disminuyó el número de plántulas anormales.

En general, el tratamiento que tuvo un mayor porcentaje de plántulas anormales fue $MgCl_2$ con 9 dS/m provocando un 63 por ciento de anomalía, seguido por 6 dS/m con 21. Se observó que a concentraciones altas de sal aumentaron las plántulas anormales (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5 Porcentaje de plántulas anormales del chile bajo tres concentraciones y tres tipos de sales.

Sal	Concentración (dS/m)	P. anormales (%)
$CaCl_2$	3	2
	6	16
	9	45
NaCl	3	4
	6	3
	9	7
$MgCl_2$	3	8
	6	21
	9	63
Testigo	0	1

El análisis de varianza muestra (Cuadro 4.6) 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 plántulas anormales.

FV	gl	Fc	0.05	0.01	Significancia
Test-factorial	1	16.204	4.1131	7.395	**
A (sales)	2	43.235	3.2594	5.247	**
B (atm)	2	73.392	3.2594	5.247	**
AxB	4	13.964	2.6353	3.89	**
E. E	36				
Total	40				

*, ** 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 4.7), se observó que el mayor número de plántulas anormales se presentó en $MgCl_2$ a concentraciones de 9 dS/m y 6 dS/m, seguido de $CaCl_2$ con 9 dS/m, estos tratamientos están claramente separados en un mismo grupo estadístico (A), es decir que son estadísticamente iguales.

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

Sal	Concentración (dS/m)	Medias*	Significancia**
$CaCl_2$	3	20.20	B
	6	30.52	B
	9	47.89	A
NaCl	3	21.70	B
	6	21.09	B
	9	24.26	B
$MgCl_2$	3	24.93	B
	6	33.46	A
	9	58.98	A
Testigo	0	21.97	B

* Medias transformadas.

** Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

En general podemos decir que $MgCl_2$ provocó más plántulas anormales. Esta sal provocó efectos tóxicos a niveles moderados ocasionando que se presentara un mayor número de plántulas anormales. El $MgCl_2$ estimuló la germinación, sin embargo después de un nivel de sal de 3 dS/m produjo toxicidad. La concentración en la que hubo más plántulas anormales fue 9 dS/m, seguido de 6 dS/m, dejando al final 3 dS/m. La anomalía se debe al efecto de los iones o a la formación de productos metabólicos tóxicos (Meiri, 1969).

La anomalía se debe principalmente a las sales acumuladas en las raíces, mostrando una deformación. Esto nos indica que la sal influyó directamente en la germinación y en algunas 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.

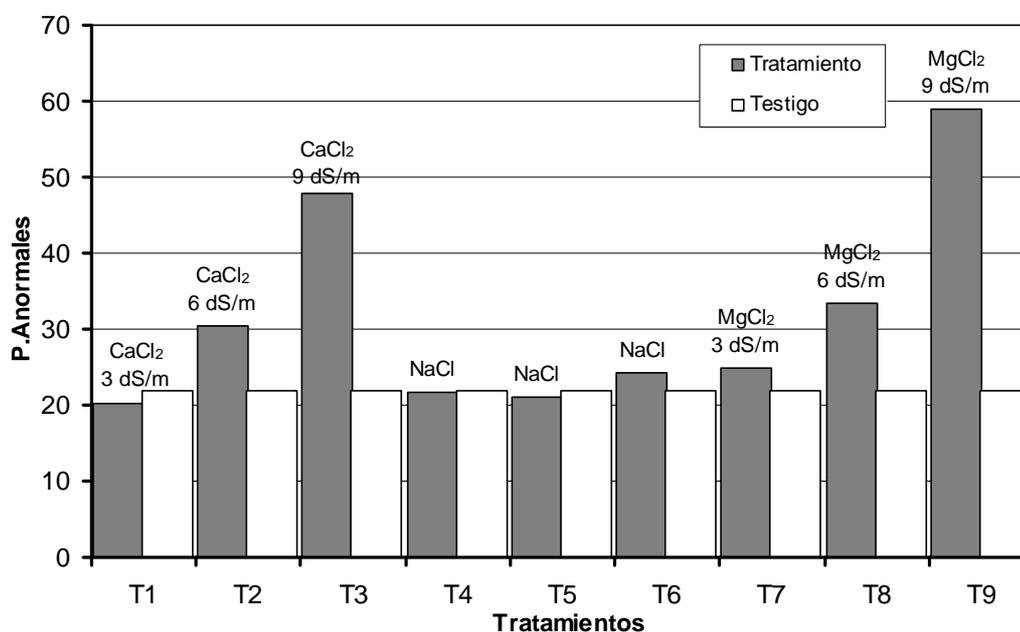


Figura 4.7 Gráfica de la comparación de medias entre los tratamientos y el testigo para plántulas anormales.

Semillas Muertas

En esta variable es un poco difícil de explicarlo 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 CaCl_2 a una concentración de 9 dS/m fue la que presentó un mayor porcentaje de semillas muertas con un 32 por ciento (Figura 4.8), seguido de MgCl_2 a 9 dS/m y quedando al final el testigo.

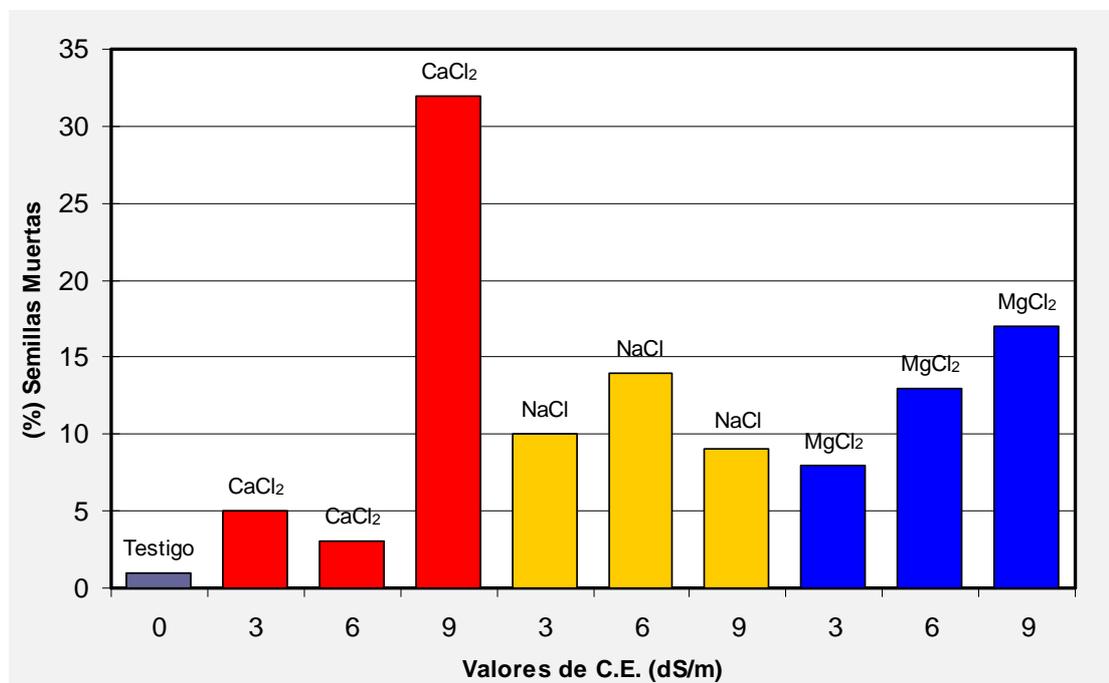


Figura 4.8 Porcentaje de semillas muertas con cuatro tipos de sales y a diferentes concentraciones.

La mayoría de las semillas muertas se observaron al final del ensayo, debido a que no presentaron indicios de viabilidad para germinar. Al comparar los resultados con el tratamiento testigo se observó sólo uno por ciento de semillas muertas. CaCl_2 tuvo el mayor porcentaje de semillas muertas a una concentración de 9 dS/m, seguido de 3 dS/m observándose que a 6 dS/m no se presentó un importante porcentaje de semillas muertas (Cuadro 4.8).

Para $MgCl_2$ a concentraciones de 9 dS/m tuvo el mayor porcentaje registrando valores de 17 por ciento de semillas muertas, seguido de 6 dS/m con 13 y al final 3 dS/m.

Se observó que el NaCl en sus tres concentraciones de sal registró valores por debajo de 14 por ciento de semillas muertas; pues a concentración de 6 dS/m hay solamente 14 por ciento, seguido de 3 dS/m con 10 por ciento, quedando al final 9 dS/m.

Cuadro 4.8 Porcentaje de semilla muertas del chile bajo tres concentraciones y tres tipos de sales.

Sal	Concentración (dS/m)	S. Muertas (%)
$CaCl_2$	3	5
	6	3
	9	32
NaCl	3	10
	6	14
	9	9
$MgCl_2$	3	8
	6	13
	9	17
Testigo	0	1

El análisis de varianza muestra (Cuadro 4.9) que hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos y las interacciones así como de cada uno de los factores.

Cuadro 4.9 Análisis de varianza de la variable semillas muertas.

FV	Gl	Fc	*0.05	**0.01	Significancia
Tes-factorial	1	42.2424	4.1131	7.3955	**
A (sales)	2	0.3050	3.2594	5.2478	NS
B (atm)	2	13.8249	3.2594	5.2478	**
A X B	4	10.9742	2.6353	3.89	**
E. E	36				
Total	40				

NS = No significativo

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

La prueba de medias de “Tukey” (Cuadro 4.10) muestra que el testigo fue muy diferente a los demás tratamientos ya que presentó pocas semillas muertas, observándose que las semillas fueron atacadas por hongos en la mayoría de los tratamientos, debido a que no fueron tratadas las semillas.

Cuadro 4.10 Tabla de comparación de medias de tratamientos y el testigo para la variable semillas muertas.

Sal	Concentración (dS/m)	Medias*	Significancia**
CaCl ₂	3	22.654	B
	6	21.088	B
	9	40.317	A
NaCl	3	26.472	A
	6	29.059	A
	9	25.710	A
MgCl ₂	3	25.038	B
	6	28.565	A
	9	30.974	A
Testigo	0	20.268	B

* Medias transformadas.

** Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El testigo se sitúa en el primer grupo estadístico (A), seguido de NaCl con 6 dS/m y 3 dS/m. Estos tratamientos están claramente separados en un mismo grupo estadístico.

La concentración en donde se presentaron valores altos de semillas muertas fue 9 dS/m de CaCl₂, pero a estas concentraciones muchas semillas no completaron su germinación fisiológica. En la figura 4.9 se observa el comportamiento de medias de los tratamientos y el testigo para la variable semillas muertas.

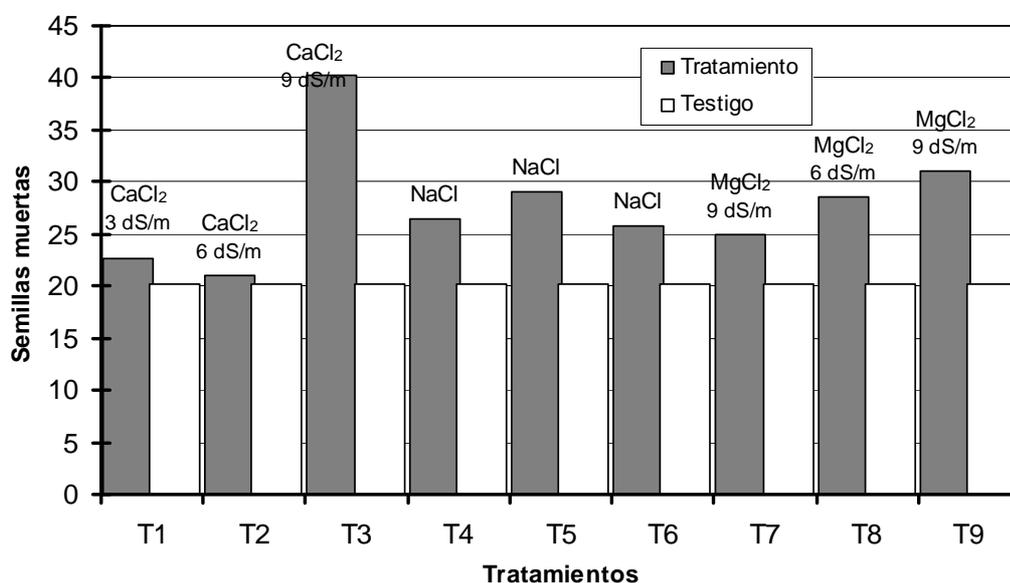


Figura 4.9 Gráfica de la variable de semillas muertas, comparando los tratamientos con respecto al testigo.

Las semillas presentaron hongos, observándose que no fue causado por alguna de las sales, lo que sí podemos decir es de que las semillas no fueron tratadas 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 tolerante a la sal (Shannon *et al.*, 1987). Es muy clara que las sales afectan directamente a la germinación de semillas provocando así que se retarde la germinación o se inhiba a causa de las sales pero hay algunos cultivos tolerantes.

Longitud de Plúmula

Después de haber analizado las variables plántulas normales, anormales y semillas muertas, seguimos con variables que ayudaran a corroborar las pruebas de vigor de las plántulas.

Debido a que en CaCl_2 a una concentración de 9 dS/m presentó pocas plántulas normales, no se consideró para la evaluación de este parámetro.

El análisis de varianza (Cuadro 4.11) muestra diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos. Estos análisis se hicieron mediante un diseño completamente al azar.

Cuadro 4.11. Análisis de varianza para la variable longitud de la plúmula.

<i>F.v</i>	<i>Gl</i>	<i>Fc</i>	<i>0.1</i>	<i>0.05</i>	<i>significancia</i>
Tratamiento	8	30.387	1.415	1.895	**
Residual	27				
Total	35				

Una vez analizados por el método de comparación de medias de “Tukey” (Cuadro 4.12). El análisis indica que existen diferencias entre los tratamientos y el testigo que se incluye como un tratamiento más y es el que obtuvo la mayor longitud de plúmula seguido de NaCl a una concentración de 6 dS/m.

Cuadro 4.12 Tabla de comparación de medias de tratamientos para la variable longitud de la plúmula.

Sal	Concentración (dS/m)	Medias*	Significancia**
NaCl	3	1.49	A
	6	1.50	A
	9	1.08	C
MgCl ₂	3	1.40	B
	6	1.20	C
	9	1.18	C
CaCl ₂	3	1.12	B
	6	0.70	D
Testigo	0	1.85	A

* Valores expresados en centímetros.

** Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Y tenemos que el testigo se sitúa en el primer grupo estadístico (A), seguido de NaCl con 6 dS/m y 3 dS/m. Estos tratamientos están claramente separados en un mismo grupo estadístico. En el testigo se registraron hasta 1.85 cm de plúmula, seguido de NaCl con 6 dS/m, conforme aumentó la concentración de NaCl el crecimiento de la plúmula.

El CaCl₂ con 6 dS/m se registró la menor longitud de plúmula con 0.708 cm observándose como uno de los tratamientos que no presentó buen desarrollo de plúmula.

Estos resultados son similares a los de Shannon *et al.*, 1987 en donde encontró que la sal ocasionó el decremento del tallo. El CaCl₂ mostró muy poco crecimiento en sus concentraciones. También el MgCl₂ es la sal que dio buenos resultados a concentraciones de 3 dS/m y 6dS/m.

En general se observó (Figurar4 4.10) que NaCl presentó un buen vigor a concentraciones menores de 6 dS/m, con esto podemos decir que NaCl permitió una buena germinación a concentraciones medias de sales. Para el CaCl_2 a una concentración de 6 dS/m presentó poco desarrollo de la plúmula.

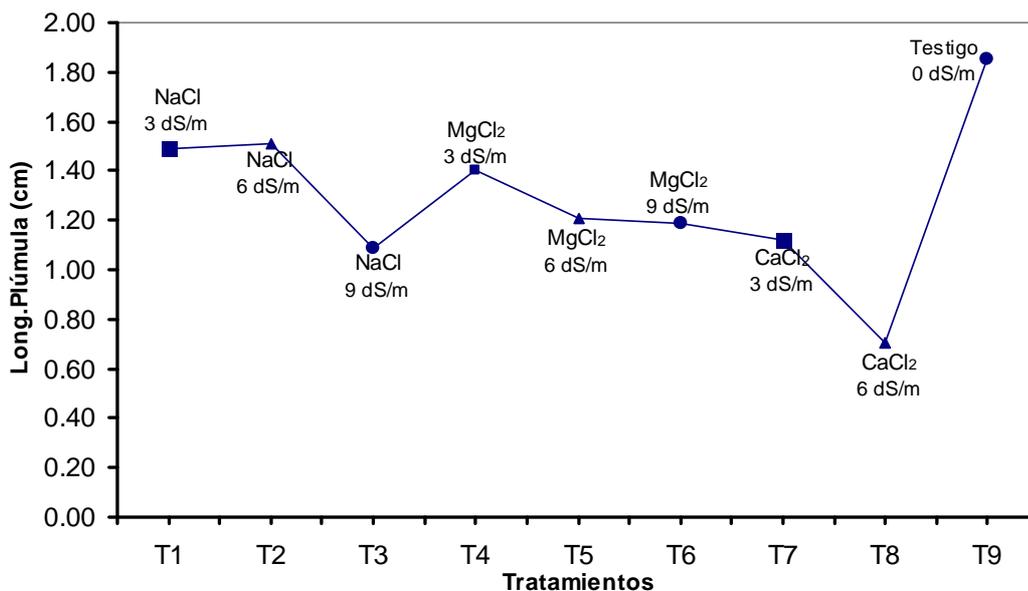


Figura 4.10 Gráfica de la variable longitud de la plúmula.

Longitud de Raíz

Continuando con estas variables de vigor seguimos con la longitud de raíz. Esta variable también permite corroborar la buena germinación y el buen número de plántulas normales.

El análisis de varianza (Cuadro 4.13) muestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

Cuadro 4.13 Análisis de varianza para la variable longitud de la raíz.

<i>Fv</i>	<i>Gl</i>	<i>F</i>	<i>0.1</i>	<i>0.05</i>	<i>Significancia</i>
Tratamiento	81	13.545	1.415	1.895	**
Residual	27				
Total	35				

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

Al aplicar la prueba de medias de “Tukey” (Cuadro 4.14) se observó que NaCl a una concentración de 3 dS/m se obtuvo 2.67 cm de longitud, seguido de MgCl₂ a 3 dS/m con 2.59 cm de raíz. El testigo mostró un buen comportamiento pues registró valores de 2.18 cm, observándose que fue superado por NaCl y MgCl₂.

Cuadro 4.14 Comparación de medias para la variable longitud de la raíz.

Sal	Concentración (dS/m)	Medias*	Significancia**
NaCl	3	2.67	A
	6	2.19	B
	9	2.31	A
MgCl ₂	3	2.59	A
	6	1.16	C
	9	0.29	D
CaCl ₂	3	1.91	C
	6	1.19	C
Testigo	0	2.18	B

* Valores expresados en centímetros.

** Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Los mejores tratamientos que presentaron mayores valores fueron NaCl a 3 dS/m y 9 dS/m, MgCl₂ a 3 dS/m, estos tres tratamientos se encuentran en el mismo grupo estadístico (A).

Al aumentar las concentraciones de NaCl disminuyó la longitud de raíz, sin embargo el tratamiento testigo, se comportó de diferente manera.

En general podemos observar (Figura 4.11) que el NaCl estimula el desarrollo de las raíces a bajas concentraciones, esto le permite un buen desarrollo, pero a concentraciones mayores de 6 dS/m se presenta una disminución de la raíz por los efectos tóxicos.

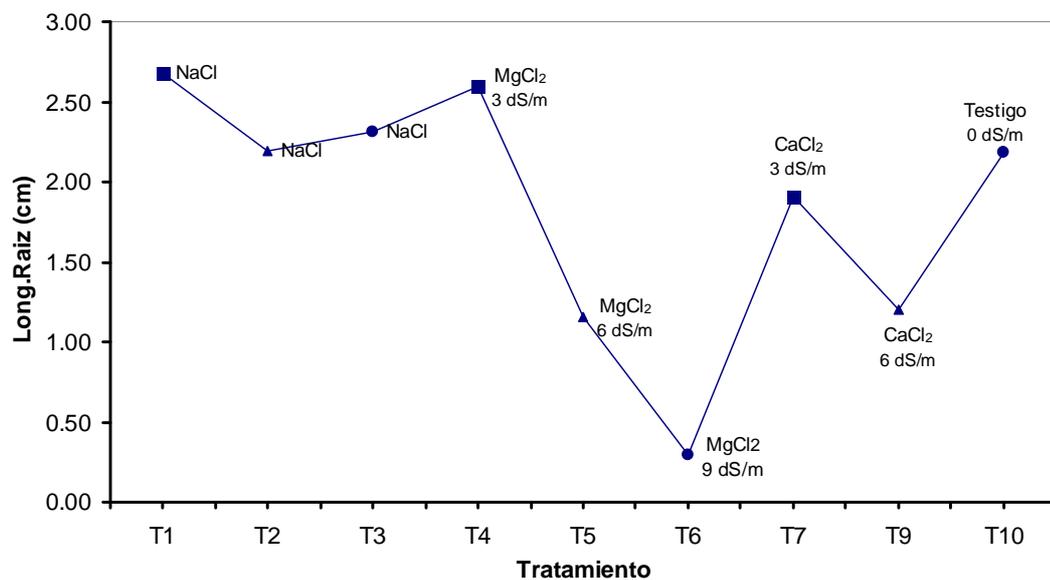


Figura 4.11 Gráfica de la variable longitud de la raíz para cada tratamiento.

Peso Seco

El Cuadro 4.15 muestra el análisis de varianza para la variable peso donde se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

Cuadro 4.15 Análisis de varianza para la variable peso seco.

<i>F.v</i>	<i>gl</i>	<i>F</i>	<i>0.1</i>	<i>0.05</i>	<i>significancia</i>
Tratamiento	8	14.864	1.415	1.895	**
Residual	27				
Total	35				

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

Al analizar los datos con una prueba medias de “Tukey” (Cuadro 4.16), encontramos que en el testigo se obtuvieron valores de 0.1407 gr de peso seco indicando que éste fue el que tuvo el mayor valor.

Cuadro 4.16 Tabla de comparación de medias de tratamientos para la variable peso seco.

Sal	Concentración (dS/m)	Medias	Significancia**
NaCl	3	0.0976	D
	6	0.0915	C
	9	0.0915	C
MgCl ₂	3	0.0859	B
	6	0.0576	B
	9	0.0554	A
CaCl ₂	3	0.0976	D
	6	0.0715	B
Testigo	0	0.1407	D

** Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

* Valores expresados en gramos.

Entonces los mejores tratamientos que presentaron mayores valores fueron CaCl_2 a 3 dS/m tiene 0,0976 gr, seguido NaCl a 3 dS/m con 0,0976 gr por supuesto que el tratamiento testigo es que encabeza a este grupo estadístico. Se observó que el MgCl_2 a una concentración de 9 dS/m es el que obtuvo el menor peso seco.

En general se observó en la figura 4.12 el comportamiento de esta variable representado por sus medias. Aquellas sales que mostraron mejores resultados fueron el testigo, seguido del CaCl_2 a una concentración de 3 dS/m. El peso seco disminuyó conforme aumentó la concentración de sal y también NaCl .

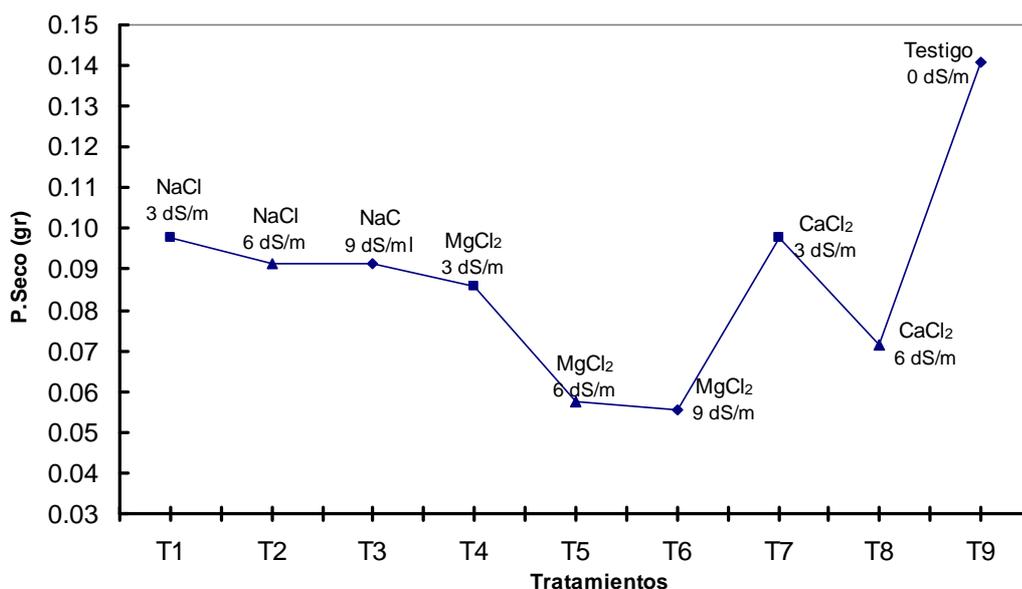


Figura 4.12 Gráfica que muestra la variable peso seco para cada tratamiento.

Se observó que a valores bajos de sal hay buena germinación, por lo tanto hay un buen vigor en las plántulas obteniéndose de esa manera un mayor valor de peso seco.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En ninguno de los tratamientos alcanzó el 100 por ciento de germinación fisiológica. La sal que presentó mejor germinación fisiológica fue CaCl_2 con 3 dS/m (92 por ciento) seguido de MgCl_2 a 3 dS/m (92 por ciento). La germinación fisiológica disminuyó a medida que aumentó la concentración de sal.
2. Los efectos causados por estas sales son: toxicidad y latencia, provocaron anormalidad e inhibieron las semillas.
3. La sal con la que se presentó un mayor porcentaje de plántulas normales fue CaCl_2 a una concentración de 3 dS/m (90 por ciento).. Con esta sal se presentó un buen vigor de la planta registrando valores muy pequeños de toxicidad.
4. El NaCl permitió un buen número de plantas normales a concentraciones bajas. En NaCl el mayor porcentaje de plántulas normales es de 86 por ciento a una concentración de 3 dS/m, en esta sal el porcentaje de plántulas normales fueron muy similares.
5. MgCl_2 a una concentración de 9 dS/m presentó el mayor número de plántulas anormales con un 63 por ciento. También estimuló la germinación, sin embargo después de un nivel de 3 dS/m produjo toxicidad, ocasionando así un mayor número de plántulas anormales.
6. En semillas muertas, tenemos que el CaCl_2 a una concentración de 9 dS/m fue la que presentó un mayor porcentaje. Considerando lo anterior, la concentración en el cual se inhibe la germinación es en 6dS/m y 9dS/m, variando según el tipo de sal que se presente.
7. Para la longitud de plúmula tenemos que NaCl presentó un buen vigor a concentraciones menores de 6 dS/m. Esto quiere decir que el sodio favoreció el desarrollo de la plúmula.

8. Para la longitud de la raíz los mejores tratamientos que presentaron mayores valores fueron NaCl a 3 dS/m, seguido de MgCl₂ a 3 dS/m.
9. En lo referente a peso seco los mejores tratamientos que presentaron mayores valores fueron CaCl₂ a 3 dS/m, seguido NaCl a 3 dS/m.

Recomendaciones

1. Dar continuidad con estudios de salinidad en el Chile 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. Además de que el criterio que se toma en el laboratorio para la germinación no es igual en el suelo.
2. Es conveniente hacer un lavado a las semillas antes de la prueba de germinación, debido a que estas llevan pequeñas concentraciones de sal.
3. Las variables propias de la germinación deben ser consideradas, y de ser posible algunos otros parámetros, con el fin de obtener información más amplia de los efectos resultantes.

VI. LITERATURA CITADA

- Aceves, N. E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego (Identificación, Control, Combate y Adaptación). Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. Pp. 113-116.
- Bolívar, D.M. 2006. Apuntes de Suelos Salinos Sódicos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Sin Editar
- Chapman, D.H. 1973. Diagnostic Criteria for Plant Nutrition, University of California Citrus Research Center and Agricultural Experiment Station. Riverside, California E. U. A. p. 409-432.
- Copeland, L. O. and McDonald. M. B. 1985. Principles of seed Science and Techonolgy. Burgess Publishing Company. Second Edition. Minnepolis, Minnesota, USA. 50 p.
- 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. Transferencia 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 Chapingo, Cd. Obregón, sonora, México. www.zoetecnocampo.com/documentos/recuperación/recuperacion0
- Guerra, H. M. 1993. Tolerancia a la salinidad en el Mejoramiento y la Producción Agrícola. Seminarios de Postgrado, 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. 192-212.
- Huerres, P. C. y Carballo I. N. 1987. Hortalizas Universidad Central de las Villas. Facultad de Ciencias Agrícolas. Cuba. 160 p.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1985. International rules for seed testing. Seed Science and Technology 4: pp.1-177. The Netherlands.
- Janick, J. 1985. Horticultura científica e industrial. Editorial Acribia Zaragoza. España. pp. 554.
- Laborde C. y Pozo C. O. 1987. Presente y pasado del chile en México. Publicación especial No. 85. INIA. México. pp. 8-18.
- Lesur L. y Martínez A. (2006). Manual del cultivo del chile. Editorial Trillas, México. pp. 17-18.
- López, B.A. 1976. Aluminium toxicity in Intergetic Crosses Wheat times Rye. Ph.D. Thesis. Crops Science Department. Oregon State University.
- Maas, E. V. 1993. Plant growth response to SALT stress. *In*: Towards the Rationale Use of High Salinity Tolerant Plants. H Lieth, A Al Masoom (eds) Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. pp. 279-291.

- 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. 28-39.
- Mieri, A. 1969. Plant Response To Salinity. In: Yron, B., E Panfors and Y. Vaadia (Ed.). Irrigation in Arid Zones. Ministry in Arid Zones. Ministry of Agriculture, The Volcani Institute of Agriculture Research and Extension Service Foreign Training Department. Bet-Dagan, Israel. pp. 273-279.
- Morales, N. C. R. 1992. Efecto de Sustancias Húmicas y Hormonales sobre la Geminación y Vigor en Semillas de Pasto. Tesis de Maestría Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. pp. 42-45.
- Moreno, M. E. 1976. Manal para el Análisis de semillas. Productora Nacional de Semillas PRONASE. México, D. F. pp. 72-93.
- Pickersgill, B. 1971. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (genus *Capsicum*). pp. 25-68
- Peña, I. De La. 1980. Salinidad de los Suelos Agrícolas - Su origen – Clasificación - Prevención y Rehabilitación. Universidad Autónoma Agraria Narro. p. 1-42.
- Pérez G., M, F. M. Sánchez y A. P. Lomelí. 1997. Mejoramiento genético de Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Ramírez M. O. M. 1988. Determinación Experimental de la Capacidad Germinativa de algunos cultivos Agrícolas en Soluciones Salinas de diferente Concentración Total y Composición Cualitativa. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 2, 3, 6

- Salisbury, F.B. y Ross, C.W. 1994. Fisiología Vegetal. Ed. por Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V. México. pp. 647 – 649.
- Shannon, M.C., Gronwald, J.W. and Tal, M. 1987. Efectos of Salinity on Growth and Accumulation of Organic Ions in Cultivated and Wild Tomato Species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(3) :416-423.
- Steel R.G and J. Torrie H. 1988. Principles and Procedures of Statistics, with special reference to the biological sciences. Ed. McGraw-Hill. Nueva York. pp. 162-164.
- (SIAP), 2003. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con Información de las Delegaciones de la SAGARPA en los Estados. Avance de Siembras y Cosechas Perennes 2004. <http://www.sagarpa.gob.mx/sagar5htm>.
- Valadez, L. A. 1997. Producción de Hortalizas. Ed. Limusa. México D. F. pp. 197-211.