

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS Y NIVELES DE SALES SOBRE LA
GERMINACIÓN DE TOMATE (*Lycopersicon Esculentum Mill Var.*
Floradade)**

Por:

JHONY CRISTÓBAL GARCÍA MORALES

Tesis

Presentada Como Requisito Parcial para la Obtención del Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Marzo de 2009

"UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO."

DIVISIÓN DE INGENIERÍA.

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE.

EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS Y NIVELES DE SALES SOBRE LA
GERMINACIÓN DE TOMATE (*Lycopersicon Esculentum* Mill Var. Floradade)

Presentado por:

Jhony Cristóbal García Morales.

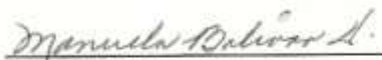
Tesis.

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

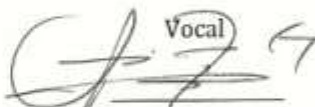
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN.

Aprobado:

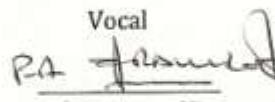
PRESIDENTE DEL JURADO



Dra. Manuela Bolívar Duarte.

Vocal


M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Vocal


Dr. Uriel Figueroa Viramontes.

CORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA



Dr. RAÚL RODRÍGUEZ GARCÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila México

Marzo de 2009

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	
Justificación.....	3
Objetivo.	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
Origen.....	5
Clasificación Taxonómica	5
Descripción Botánica	6
Producción Mundial de Tomate.....	8
Germinación de Semilla.	9
Proceso de Germinación de la Semilla.	9
Requerimientos para la Germinación.....	10
Factores Ambientales que Influye en la Germinación.....	11
La Salinidad en México.	13
Conductividad Eléctrica:	14
Factores que Favorecen el Proceso de Salinización.....	15
Efecto de la Salinidad en la Germinación.....	16
Germinación de Semilla con Salinidad.....	18
Efecto de la Salinidad en la Raíz.	20
Desarrollo de la Parte Aérea: Tallo, Hojas, Flores y Frutos.....	20
Efecto de la Salinidad sobre las Plantas.....	21
Efecto del Catión Sodio (Na^+)	22
Efecto del Calcio Magnesio (Mg^{++}).....	22
Efecto del Catión Calcio (Ca^{++})	23
Efecto del Anión Cloro (Cl^-)	23
Efecto Sobre la Producción de Tomate.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	
Ubicación del Experimento.....	26
Material Utilizado.....	26

Variablas a Evaluadas	29
Diseño Experimental y Análisis Estadístico.	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
Germinación Fisiológica.....	32
Plántulas Normales.....	38
Plántulas Anormales.....	42
Semillas Muertas.....	46
Longitud de Plúmula.	50
Longitud de Raíz.	52
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
VI. LITARATURA CITADA	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1	Producción Mundial de Tomate.....	8
Cuadro 2.2	Tolerancia del Cultivo y el Potencial de Rendimiento de los Cultivos Seleccionados que están Influenciados por la Salinidad de Agua de Riego(CE_r) o por la Salinidad del Suelo(CE_s)	25
Cuadro 3.1.	Concentraciones Requeridas para la Preparación de los Tratamientos con Sales.....	27
Cuadro 4.1	Porcentaje de Germinación Fisiológica de Tomate bajo Tres Tipos y Cuatro Niveles de Sales	36
Cuadro 4.2	Valor Limite de Tolerancia Relativa a Salinidad y Parámetros de la Regresión para el Porcentaje Relativo de Germinación	36
Cuadro 4.3	Porcentaje de Germinación Relativo para un Rango de CE de (0 a 8dS/m).....	38
Cuadro 4.4	Porcentaje de Plántulas Normales del Tomate bajo Cuatro Concentraciones y Tres Tipos de Sales.....	40
Cuadro 4.5	Análisis de Varianza de la Variable Plántulas Normales.....	40
Cuadro 4.6	Comparación de Medias entre Testigo y Tratamiento para la Variable Plántulas Normales.	41
Cuadro 4.7	Porcentaje de Plántulas Anormales de Tomate bajo Cuatro Concentraciones con Tres Tipos de Sales y un Testigo.....	44
Cuadro 4.8	Análisis de Varianza de la Variable Plántulas Anormales.....	44
Cuadro 4.9	Comparación de Medias entre los Tratamientos y el Testigo de la Variable Plántulas Anormales.....	45
Cuadro 4.10	Porcentaje de Semillas Muertas de Tomate bajo Cuatro Concentraciones, Tres Tipos de Sales y un Testigo.	48
Cuadro 4.11	Análisis de Varianza de la Variable Semilla Muerta.	48
Cuadro 4.12	Tabla de Comparación de Medias de Tratamientos y el Testigo para la Variable Semillas Muertas.	49
Cuadro 4.13	Análisis de Varianza para la Variable Longitud de Plúmula.	50

Cuadro 4. 14	Tabla de Comparación de Medias de Tratamiento para la Variable Longitud de la Plúmula.	51
Cuadro 4.15	Análisis de Varianza para la Variable longitud de la Raíz.	53
Cuadro 4.16	Comparación de Medias para la Variable Longitud de la Raíz.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1	Germinación Fisiológica de Tomate <i>Lycopersicon Esculentum</i> Mill <i>Var. Floradade</i> a Diferentes Concentraciones $MgCl_2$	33
Figura 4.2	Germinación Fisiológica de Tomate <i>Lycopersicon Esculentum</i> Mill <i>Var. Floradade</i> a Diferentes Concentraciones $NaCl$	34
Figura 4.3	Germinación Fisiológica de Tomate <i>Lycopersicon Esculentum</i> Mill <i>Var. Floradade</i> a Diferentes Concentraciones $CaCl_2$	35
Figura 4.4	Porcentaje de Germinación Relativa para las Diferentes Tipos de Sales.	37
Figura 4.5	Porcentaje de Plántulas Normales de Tomate con Tres Tipos de Sales y Cuatro Niveles Diferentes y un Testigo Extra (Agua Destilada).	39
Figura 4.6	Comparación de Medias entre los Tratamientos y el Testigo para la Variable Plántulas Normales.	42
Figura 4.7	Porcentaje de Plántulas Anormales de Tomate con Tres Tipos de Sales y Cuatro Niveles Diferentes y un Testigo Extra (Agua Destilada).	43
Figura 4.8	Gráfica de la Comparación de Medias entre los Tratamientos y Testigo para Plántulas Anormales.	46
Figura 4.9	Porcentaje de Semillas Muertas con Tipos y a Diferentes Concentraciones.	47
Figura 4.10	Gráfica de la Variable de Semillas Muertas, Comparando los Tratamientos con Respecto al Testigo.	49
Figura 4.11	Gráfica de la Variable Longitud de la Plúmula.	52
Figura 4.12	Grafica de la Variable Longitud de la Raíz para cada Tratamiento. ...	54

AGRADECIMIENTOS

Con amplio amor y respeto agradezco a Dios por dejarme estar en este mundo, por regalarme su bendición y estar siempre conmigo en todo momento de mis estudios, por brindarme salud, felicidad, honestidad, gracias Dios por darme unos padres maravillosos y unos hermanos que admiro y quiero mucho, y sobre todo por dejarme terminar mis estudios en la gloriosa Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Con profundo cariño a mi **“Alma Mater”** la Tierra que nos alimenta, por cobijarme cuatro años y medio, por darme todas las herramientas en el conocimiento de la agronomía, gracias a mi escuela querida. Te voy a extrañar.

Agradezco al Departamento de Riego y Drenaje por tener la mejor carrera la de Ingeniero Agrónomo en Irrigación y pertenecer a dicho departamento, por haberme brindado todos sus conocimientos ante el uso eficiente del agua.

Con profunda admiración y respeto a la **Dra. Manuela Bolívar Duarte** por brindarme todo su apoyo en la elaboración del trabajo de tesis, por tenerme paciencia y confianza en los momentos difíciles de trabajo.

Agradezco de manera especial al **MC. Luis Rodríguez Gutiérrez** por su valioso apoyo brindado en la realización de este trabajo.

Al **Dr. Uriel Figueroa V.** Por brindarme su valioso apoyo en la realización del trabajo.

A la **T.L.C. Sandra Luz García Valdez.** Por su valiosa colaboración en la realización del trabajo de campo de la tesis.

DEDICATORIAS

A Mis Padres:

Jesús García Zúñiga Y Elva Morales Villatoro

Gracias padres por regalarme la vida, le doy gracias a Dios por darme unos padres maravillosos, por que los admiro, respeto y quiero, por enseñarme hacer un ser humano de bien, por enseñarme a luchar y salir adelante, ayudarme a superar todos los problemas, por confiar en mí, que Diosito me los bendiga.

A mis Hermanos:

Carlos, Itzel de Jesús, Celali Daniela, a mi cuñis Lesly Alondra, a ellos con mucho amor y cariño, porque me han demostrado ser grandes amigos, y compartir con ellos todos mis momentos felices, gracias a Dios por darme esos hermanitos tan lindos que Diosito me los bendiga, los quiero mucho hermanitos.

A mis Abuelitos:

Con el amor que se merecen mis abuelitos, **Jesús, Ernestina, Amado, Asunción**, por darme todo su amor y quererme tanto, que Diosito me los bendiga.

A Mi Novia:

Juany Inés Rodríguez de León por ayudarme en este trabajo de tesis, por brindarme todo su apoyo, cariño y amor, por estar cada momento conmigo y compartir cosas maravillosas. Te amo negrita que Diosito te bendiga.

A Mis Amigos:

Julio Alberto, Jorge (Choquer), Milton, Víctor Lisandro, Ing. Bersain, Said, Samuel, Luis Alberto, Mayra, Judith, Azucena, Ángel, Eliezer, Octavio, José Miguel, Felipe G., Felipe C., Gabriel, por brindarme su amistad y respeto, por compartir momentos de alegría, le deseo lo mejor en la vida.

RESUMEN

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

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres tipos de sales (NaCl, CaCl₂, MgCl₂) a cuatro diferentes niveles de salinidad (2, 4, 6 y 8 dS/m) y un testigo (uso de agua destilada) en la germinación de semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum mill var. floradade*).

En el presente trabajo se evaluaron las variables: germinación fisiológica, plántulas normales, plántulas anormales, semillas sin germinar, longitud de radícula y longitud de plúmula. El modelo estadístico fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x4x4 con un tratamiento extra (agua destilada). El análisis estadístico se realizó con la ayuda del programa Excel.

De acuerdo a los resultados obtenidos el testigo presentó mejor germinación fisiológica con un 91 por ciento, seguido por MgCl₂ a 2 dS/m con un 89 por ciento, después el CaCl₂ con un 82 por ciento y el NaCl a 2 dS/m con 76 por ciento. La sal que presentó mayor porcentaje de plántulas normales fue MgCl₂ a una concentración de 2 dS/m con un 78 por ciento, seguida de CaCl₂ a 2 dS/m con un 76 por ciento.

Las concentraciones que presentaron mayor número de plántulas anormales fueron 6 dS/m y 8 dS/m en MgCl₂ con valores de 10 por ciento, respectivamente. En semillas muertas, tenemos que el NaCl a concentraciones de 6 y 8 dS/m fueron las que presentaron un mayor porcentaje. Para la longitud de plúmula tenemos que MgCl₂ presentó el mejor vigor a concentraciones menores de 6 dS/m. Para la longitud de raíz los mejores tratamientos que presentaron mayores valores fueron MgCl₂ a 2 dS/m, seguido por NaCl a 2 dS/m.

Palabras Claves: Semilla de Tomate (Variedad Floradade) Salinidad, Germinación, Sales, Conductividad Eléctrica.

I. INTRODUCCIÓN

De las diversas hortalizas que se explotan a nivel nacional, el tomate es la más importante, tanto por su superficie de siembra, como por el valor de su producto; además es una planta que tiene un rango de adaptabilidad muy amplio ya que se cultiva en clima templado y tropical de casi toda la República Mexicana.

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una hortaliza con una alto valor comercial y una enorme importancia mundial, debido a la gran cantidad de divisas que generan a los países que producen. México ocupa el segundo lugar a nivel mundial como país exportador y el décimo, como productor de tomate con volúmenes anuales promedios de 569 mil toneladas en la última década. La superficie cultivada en México es alrededor de 100,000 ha. El 70 por ciento de esta área, comprende los estados de Sinaloa, Baja California Norte, San Luis Potosí y Michoacán. La superficie de producción de tomate bajo invernadero en 2001 registro alrededor 700 ha; en México el 80 por ciento de la producción de tomate se destina al consumo interno principalmente el de tipo Saladette **(Sánchez, 2005)**.

La salinidad es uno de los problemas ambientales más antiguos de la humanidad que limita la distribución de las plantas en la naturaleza y la productividad de los cultivos. 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 y por ende, se presenta una disminución en la velocidad de la germinación, debido al efecto osmótico. Los procesos de división y alargamiento celular también pueden presentar alteraciones, así como la movilización de las reservas indispensables para que ocurra el proceso germinativo.

En muchas áreas del mundo dedicadas a la agricultura, la obtención de buenos rendimientos, así como también el poder cultivar una amplia variedad de especies, cada vez está teniendo más restricciones debido a la salinización de los suelos. Se estima que sobre 800 millones de hectáreas en el planeta están afectadas por sales, de estas 397 millones lo son por problemas de salinidad y 434 millones por condiciones asociadas a sodicidad. En México está afectado un 10 por ciento del área irrigada y de ésta, aproximadamente el 64, se localiza en el Norte del país **(Meza et. al. A. 2005)**.

Las causas vinculadas a estos procesos de salinización, son un excesivo empleo de fertilizantes, uso de agua de mala calidad, mal drenaje y tala de vegetación arbórea, agudizándose en zonas áridas y semiáridas, donde los suelos presentan drenaje deficiente y alta evaporación **(Saavedra, 2007)**.

Justificación

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

La salinidad afecta de diversas maneras a las plantas de tomate. La mayoría de los efectos son adversos. Por ejemplo, el porcentaje de germinación disminuye y se prolonga el tiempo en el cual las semillas llevan a cabo este proceso.

Al examinar los efectos de las sales en la germinación como en los órganos de las plantas de tomates, la gran mayoría son adversos, pocos presentan un carácter positivo. A nivel de germinación, a medida que aumenta la concentración de sales en el medio, el porcentaje de germinación disminuye y el periodo en que este proceso se lleva a cabo se prolonga.

La tolerancia a la salinidad de las semillas en su germinación es una medida de la habilidad de éstas para soportar los efectos de altas concentraciones de sales solubles en el medio. La presencia de sales en el medio disminuye el potencial hídrico, provocando una menor disponibilidad de agua para las semillas, de manera que éstas deben generar suficiente potencial osmótico para mejorar el estatus hídrico de los embriones y permitir su crecimiento **(Saavedra, 2007)**.

Objetivo

Evaluar el efecto de tres tipos de sales (NaCl , CaCl_2 , MgCl_2) a cuatro diferentes niveles de salinidad (2dS/m, 4dS/m, 6dS/m y 8dS/m) y un testigo (uso de agua destilada) en la germinación de semilla de tomate (***Lycopersicon esculentum mill var. floradade***).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen

El origen del género *Lycopersicom* se localiza en la región andina, que se extiende desde el sur de Colombia al Norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecía como mala hierba entre los huertos.

El tomate es una planta de origen americano, al parecer de la zona “tomatl”, “Xitomate”. En principio se cree que fue utilizado como planta ornamental; su introducción en Europa se realizó en el siglo XVI y se sabe que a mediados del siglo XVII era cultivado con fines alimenticios, principalmente en Italia. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas, tamaños e incluso rojos y amarillos. Sin embargo, ya habían sido llevados a España y servían como alimento también en Italia. En otros países europeos, sólo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX (**Gatica, 2004**).

Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, de allí a otros países Asiáticos y de Europa se difundió a Estados Unidos y Canadá (**Linares, 2004**).

Clasificación Taxonómica

Según Centeno (1986) el tomate, ha sido clasificado de la siguiente manera:

Reino - Vegetal

División - Tracheophyta

Subdivisión - Pteropsidae

Clase - Angiospermae
Subclase - Personatae
Familia - Solanaceae
Genero - Lycopersicon
Especie - Esculentum

Descripción Botánica

Para **(Centeno, 1980)** hace la descripción botánica del tomate como una hortaliza de tipo arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semi-erecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva en forma anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semi-erecta o erecta y el crecimiento es ilimitado en las variedades indeterminadas, pudiendo estas llegar a 10 m en un año. La ramificación es generalmente simpodial, con lo que los ejes sucesivos se desarrollan a partir de la yema axilar del eje precedente y la yema terminal da a lugar a la inflorescencia.

Semilla

La semilla del tomate tiene forma lenticular, con unas dimensiones de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión está constituido por la yema apical, dos cotiledones, hipocótilo y radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos que envuelve al embrión del endospermo **(Gatica, 2004)**.

Sistema radicular

Raíz principal (corta y débil) raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Según **(Gatica, 2004)**. La planta de tomate tiene un sistema radicular amplio, constituido por una raíz principal que puede alcanzar hasta 50 – 60 cm de profundidad, provista de una gran cantidad de ramificaciones secundarias y reforzadas por la presencia de un gran número de raíces adventicias surgidas desde la base de los tallos. Aunque el sistema radicular puede profundizar hasta 1.5m, la mayor parte del mismo se sitúa en los primeros 50 cm.

Tallo principal

Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias.

Hoja

Compuesta con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se distribuyen de forma alternativa sobre el tallo.

Las hojas se disponen sobre los tallos alternadamente y son compuestas e imparipinadas, constituidas generalmente por 7-9 foliolos lobulados o dentados, de tamaño variable. Las hojas están recubiertas por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis, los que le confieren el olor característico. La epidermis del envés o inferior, contiene abundantes estomas que facilitan el intercambio gaseoso con el exterior, mientras que éstos son escasos en la epidermis superior. Los haces vasculares principales constan de un solo nervio primario del cual parten en una estructura pinnada, irregular, en los nervios secundarios. Los cuatro nervios primarios y secundarios presentan floema interno y externo **(Gatica, 2004)**.

Flor

Es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 ó más sépalos de igual número de pétalos color amarillo.

Fruto

Baya, bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituida por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas.

Producción Mundial de Tomate

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe, principalmente, al aumento en el rendimiento y, en menor proporción, al aumento de la superficie cultivada, como se muestra en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Producción mundial de tomate **(Gatica, 2004).**

Países	Producción Tomates Año 2002 (toneladas)	Países	Producción Tomates Año 2002 (toneladas)
China	25,466,211	Grecia	2,000,000
Estados Unidos	10,250,000	Federación de Rusia	1,950,000
Turquía	9,000,000	Chile	1,200,000
India	8,500,000	Portugal	1,132,000
Italia	7,000,000	Ucrania	1,100,000
Egipto	6,328,720	Uzbekistán	1,000,000
España	3,600,000	Marruecos	881,000
Brasil	3,518,163	Nigeria	879,000
Rep. Islámica de Irán	3,000,000	Francia	870,000
México	2,100,000	Túnez	850,000
Argelia	797,600	Argentina	700,000
Japón	797,600		

Germinación de Semilla

Según Moreno (1976) la germinación se define como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y que son manifestaciones de la habilidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables de suelo y **Morales (1992)** la define como una serie compleja de cambios bioquímicos y fisiológicos 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 y desarrollo.

Desde el punto morfológico, la germinación de la semilla 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 (**Morales, 1992**); definida desde el punto de vista fisiológico, es la reanudación del metabolismo y el crecimiento, incluyendo además el cambio hacia la transcripción del genomio. Además 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 de Germinación de la Semilla

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

Imbibición: La absorción inicial implica la imbibición de 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. Almacenado (endozimas).

- 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 fosfatos, 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 emergen 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 ellos empieza a crecer y a establecer 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. 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 ó más calidez. Parte de la pérdida, quizás 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**).

Los factores ambientales que influye en la germinación considerados por (Copeland y McDonald, 1985) son:

Agua: El agua es un requerimiento básico para la germinación, es esencial para la actividad enzimática, ruptura, traslocación 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 indican 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 posibles variaciones 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. Altos niveles de humedad pueden inhibir la germinación.

Aire (Oxígeno y Bióxido de Carbono): Los autores anteriores mencionan que la mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de oxígeno (O₂)

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 atmósferas 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. 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 son efecto de la temperatura. Dicho efecto puede expresarse en términos de temperatura cardinales, es decir, la temperatura mínima óptima será aquélla 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 $\pm 1^\circ\text{C}$. También se prescribe que la menor temperatura debe mantenerse por 16hrs, 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 la planta 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.

La Salinidad en México

La salinidad de los suelos es un problema mundial, nacional en México y regional en el centro y norte del país. El problema se agudiza en las zonas áridas y semiáridas, donde los suelos presentan drenaje deficiente y alta evaporación. La superficie afectada a nivel mundial es de 8.97 millones de km². 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 **(Feuchter, 2002)**.

El autor anterior menciona que actualmente en México existe 80 millones de hectáreas con diferentes grados de salinidad tanto en zonas naturales, temporal como de riego; en éstas últimas se estima que aproximadamente 5 millones hectáreas están bajo un proceso de salinización.

En México los estudios sobre la salinidad han adquirido mucha importancia, debido a que en las regiones que inicialmente se abrieron 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)**.

En México un 10 por ciento del área irrigada está afectada por salinidad, y de ésta, aproximadamente el 64 por ciento se localiza en la parte norte del país. La conservación de los suelos, así como su recuperación cuando están afectados por sales, son de gran importancia para la producción agrícola y su atención está

relacionada con las causas del ensalitramiento de los mismos, que pueden ser: su origen, manejo y utilización, así como las fuentes y calidad del agua de riego, factores que intervienen en las propiedades físicas y químicas de los suelos. **(Ruiz, 2005).**

Suelos Salinos: 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 controlan 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 significantes de sodio intercambiable, teniendo como consecuencia que la permeabilidad es igual o mayor a la de suelos similares no salinos **(Guerra, 1993).**

Conductividad Eléctrica

Los criterios para clasificar 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 blancos” 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.

Para distinguir suelos salinos de no salinos, se han sugerido varios límites arbitrarios de salinidad. Se acepta que las plantas empiezan a ser afectadas de manera adversa cuando el contenido en sales excede del 1 por ciento. La Clasificación Americana de suelos, adopta el valor de 2 dS/m como límite para el carácter salino a nivel de gran grupo y subgrupo, pues considera que a partir de ese

valor las propiedades morfológicas y fisicoquímicas del perfil (esto es; la génesis) quedan fuertemente influenciadas por el carácter salino. Mientras que el laboratorio de salinidad de los EE.UU. ha establecido el límite de 4 dS/m para que la salinidad comience a ser tóxica para las plantas (**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 información de freáticos elevados.

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

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

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

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. Estos 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 ocurren en suelos con sales en los cuales las semillas producen raíces y parte del coleóptilo y este nunca aparece en la superficie del suelo. Existe tres etapas en el proceso de germinación en las cuales las sales pueden tener influencia, como lo menciona **(Aceves, 1979)**.

Estas etapas son: **heterotrófica, de transición y autotrófica.**

Etapla 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.

Etapla 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 producto fotosintetizados.

Etapla 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 son en la heterotrófica y autotrófica, ya que en la primera puede inhibirse la imbibición 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 compensaran 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 contribuye a la acumulación de sales en las capas superficiales del suelo.

Germinación de Semilla con Salinidad

Saavedra (2007) menciona que los efectos de la salinidad en el porcentaje de germinación de las semillas de tomate se encuentran estrechamente relacionados a las concentraciones de las sales en el medio de siembra, como también al cultivar o especie de que se trate. El tiempo en que tardan en germinar también se prolonga.

La tolerancia a la salinidad de las semillas en su germinación es una medida de la habilidad de éstas para soportar los efectos de altas concentraciones de sales solubles en el medio. La presencia de sales en el medio disminuye el potencial hídrico, provocando una menor disponibilidad de agua para las semillas, de manera que éstas deben generar suficiente potencial osmótico para mejorar el estatus hídrico de los embriones y permitir su crecimiento. La tolerancia a salinidad en la germinación de muchas especies no está consistentemente relacionada a la tolerancia durante la emergencia, crecimiento vegetativo, floración y fructificación. Así, por ejemplo, betarraga, cebada y algodón, cultivos tipificados como de alta tolerancia a las sales, son relativamente sensibles durante la germinación y en el estado de plántula. Otras especies como el maíz, arvejas y habas son más sensibles durante estados más avanzados de desarrollo (**Saavedra, 2007**).

Considerando los resultados de otras investigaciones el tomate tendría un comportamiento semejante a la betarraga, cebada y algodón, puesto que al experimentar con plantas de tomates cv Daniela a las cuales se les suministró en la solución nutritiva 0, 20, 40 y 60 mM NaCl en tres estados de crecimiento (16 días después del trasplante, inicios de floración y comienzos del desarrollo del fruto) se determinó que la tolerancia a las sales incrementaba cuando la aplicación se realizaba más tardíamente, es decir, en estados más avanzados de la ontogenia de las plantas de tomate (**Saavedra, 2007**). También reporta estudios en los cuales trataron semillas de diversos cultivares de *L. esculentum* a concentraciones

crecientes de NaCl, demostrando que el porcentaje de germinación disminuye con el aumento de la salinidad, y a la vez se prolonga el período de germinación.

Figueroa (2005) menciona que antes de seleccionar genotipos tolerantes a salinidad dentro de una especie, es importante identificar alguna etapa que sea más susceptible a salinidad y después, diseñar una metodología de evaluación y selección acorde a la etapa sensible. La evaluación de la tolerancia en etapas tempranas, como germinación y plántula, es una metodología útil en trabajos de selección de variedades y mejoramiento genético para tolerancia a salinidad, ya que permite evaluar un mayor número de materiales en menor tiempo y espacio. En programas de selección de variedades puede servir como un primer tamiz de selección, antes de pasar a pruebas de rendimiento en campo.

El mismo autor menciona que el método más utilizado para elaborar dosis crecientes de salinidad es agregar cloruro de sodio (NaCl) a medios de germinación o soluciones nutritivas. Sin embargo, la adición de NaCl crea un desequilibrio iónico e incrementa la RAS de la solución y el riesgo de toxicidad por Na. Una alternativa es elaborar soluciones equilibradas mediante la adición de cloruro de sodio (NaCl) + cloruro de calcio (CaCl_2) o mediante sal sintética de mar.

Trabajos realizados por **(Figueroa, 2005)** demostró que el efecto de la salinidad sobre la germinación de las variedades de alfalfa se evaluó en términos del porcentaje final de germinación. De acuerdo con el análisis de varianza, existieron efectos significativos de la variedad, la salinidad y de la interacción entre ambos. En todos los genotipos se observó una disminución significativa de la germinación en función de la salinidad.

Efecto de la Salinidad en la Raíz

El efecto de las sales en las raíces de las plantas de tomate siempre resulta en un menor crecimiento de estos órganos, hecho que puede afectar el crecimiento general de la planta al reducirse el volumen de suelo que pueden explorar sus raíces.

Existe variabilidad en esta respuesta, la cual depende del cultivar o especie de que se trate, los niveles de salinidad a que son expuestas y la duración del periodo al estrés salino. Las principales sales que afectan a los vegetales y que se encuentran en los suelos corresponden a cloruros y sulfatos de sodio, calcio, magnesio y potasio, siendo para las plantas los principales iones citotóxicos Na^+ , Cl^- y SO_4 . Las sales afectan el crecimiento al alterar la absorción de agua por las raíces, fenómeno que se denomina componente osmótico, y sería el efecto inicial que padecen las plantas. También se desencadenan desequilibrios iónicos en las plantas por la excesiva absorción de sodio y cloruros, los que generan efectos secundarios como problemas de toxicidad y nutricionales vinculados a la absorción de iones esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas **(Saavedra, 2007)**.

Según (Saavedra, 2007) el desarrollo de la parte aérea son: tallo, hojas, flores y frutos.

El incremento de la salinidad. A nivel de hojas la salinidad genera una reducción en su número y en el área foliar.

También se observa clorosis, necrosis, disminución de la densidad estomática en la cara adaxial y simultáneamente un aumento en la cara abacial, aumento de clorofila e incremento de actividad de la peroxidasa. También afecta la

floración y la producción de frutos entre otro. En cuanto a su vinculación con enfermedades, favorece la incidencia de pudrición terminal en frutos de tomates.

La disminución en el número de hojas como consecuencia del incremento de la salinidad es una respuesta variable que depende de la especie o cultivar que se trate como también de los niveles de sales a que son expuestas las plantas.

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. Existe planta suculentas que acumulan gran cantidad de agua en su tejido, puede diluir la concentración salinas en sus células. Algunas especies de *Atriplex*, (costilla de vaca), tiene glándulas que les permite 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 **(Michel, 1992)**.

Efecto del Catión 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 excluye 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 deficiencias 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.

Estrada (1995) reporto que en un experimento 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, se observó el efecto de los potenciales osmóticos generados en algunos factores del crecimiento, evaluados 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 en especies sensibles observó una severa depresión y muertas. 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 Calcio 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, actúan como transportador del fósforo dentro de la planta, promueve la formación de aceites y grasas y en ciertas forma, corrige la acidez del suelo **(Bolívar, 2006)**.

Efecto del Catión Calcio (Ca^{++})

Con el incremento del sodio y el decremento del calcio, las cantidades tóxicas de sodio pueden ser absorbidas por la planta; el sodio es absorbido más rápidamente por 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 funcional para la formación de nuevas células, 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 pueden ser hasta una acumulación de cuatro por ciento sin que las plantas muestren daño alguno **(Meiri, 1969)**.

Efecto Sobre la Producción de Tomate

El tomate 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 un 50 por ciento por cada unidad de conductividad eléctrica en el extracto de saturación de agua de riego (CE_r) a partir de 5 dS/m. Como se muestra en el cuadro 2.2 que tiene efectos negativos sobre la producción de tomate **(Maas, 1984)**.

Cuadro 2.2. Tolerancia del cultivo y el potencial de rendimiento de los cultivos seleccionados que están influenciados por la salinidad de agua de riego (CE_r) o por la salinidad del suelo (CE_e) **(Maas, 1984)**.

Cultivos de Campo.	100%		90%		75%		50%		0 %	
	CE _e	CE _r	CE _e	CE _r	CE _e	CE _r	CE _e	CE _r	Máximo	
Cebada	8.0	5.3	10	6.7	13	8.7	18	12	28	19
Algodón	7.7	5.1	9.6	6.4	13	8.4	17	12	27	18
Remolacha	7.0	4.7	8.7	5.8	11	7.5	15	10	24	16
Sorgo	6.8	4.5	7.4	5.0	8.4	5.6	9.9	6.7	13	8.7
Trigo	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.3	13	8.7	20	13
Soya	5.0	3.3	5.5	3.7	6.3	4.2	7.5	5.0	10	6.7
Cacahuete	3.2	2.1	3.5	2.4	4.1	2.7	4.9	3.3	6.6	4.4
Arroz	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8	11	7.6
Caña de azúcar	1.7	1.1	3.4	2.3	5.9	4.0	10	6.8	19	12
Maíz	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
Haba	1.5	1.1	2.6	1.8	4.2	2.0	6.8	4.5	12	8.0
Frijol	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.3	4.2
Brócoli	2.8	1.9	3.9	2.6	5.5	3.7	8.2	5.5	14	9.1
Tomate	2.5	1.7	3.5	2.3	5.0	3.4	7.6	5.0	13	8.4
Pepino	2.5	1.7	3.3	2.2	4.4	2.9	6.3	4.2	10	6.8
Espinaca	2.0	1.3	3.3	2.2	5.3	3.5	8.6	5.7	15	10
Alfalfa	2.0	1.3	3.4	2.2	5.4	3.6	8.8	5.9	16	10
Apio	1.8	1.2	3.4	2.3	5.8	3.9	9.9	6.6	18	12
Col	1.8	1.2	2.8	1.9	4.4	2.9	7.0	4.6	12	8.1
Papa	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
Pimienta	1.5	1.0	2.2	1.5	3.3	2.2	5.1	3.4	8.6	5.8
Lechuga	1.3	0.9	2.1	1.4	3.2	2.1	5.1	3.4	9.0	6.0
Rábano	1.2	0.8	2.0	1.3	3.1	2.1	5.0	3.4	8.9	5.9
Cebolla	1.2	0.8	1.8	1.2	2.8	1.8	4.3	2.9	7.4	5.0

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, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Materiales Utilizados

Semilla. Para este estudio se emplearon la semilla de tomate de la variedad floradade *Lycopersicon esculentum mill* con un 85 por ciento de germinación.

Sales. Se utilizaron tres sales. Cloruro de sodio (NaCl), cloruro de Calcio (CaCl₂) y cloruro de Magnesio (MgCl₂).

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

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

Los tratamientos fueron la combinación de las tres sales: T1 con (NaCl), T2 con (CaCl₂), T3 con (MgCl₂) con las cuatro concentraciones y el tratamiento extra testigo (agua destilada) como lo muestra el cuadro 3.1.

Preparación de las sales puras

La cantidad de solutos requerido para preparar las soluciones de las diferentes sales puras se determinaron 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 (CE * 10³) es la CE del extracto de saturación en dS/m.

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

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.

Cuadro 3.1. Concentraciones requeridas para la preparación de los tratamientos con sales.

CE dS/m	Sales		
	(NaCl) g/100ml	(CaCl ₂) g/100ml	(MgCl ₂)g/100ml
2	0.116	0.11	0.0940
4	0.232	0.22	0.188
6	0.348	0.33	0.282
8	0.464	0.44	0.376

Preparación de la semilla

Las semillas fueron seleccionadas de tamaño uniforme para la germinación del tomate (*Lycopersicon esculentum mill var. floradade.*). Cabe mencionar que a estas semillas no se les hizo ningún tratamiento para su manejo de germinación.

Siembra

- 1). Se tomaron 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 tomaron una muestra al azar de 10 plántulas normales y se tomaron mediciones de radícula y plúmula.

Variables Evaluadas

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

Plántulas Normales. Aquellas plántulas que presentaron 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 manifestaron como anormales.

Semillas Muertas. Estas semillas se registraron al final de la prueba. 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 se hicieron 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.

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, longitud de radícula y longitud plúmula. El modelo estadístico fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x4x4 con un tratamiento extra (agua destilada)

Siendo:

Factor A: Sales

Factor B: Valores de Conductividad Eléctrica (C.E.)

Repeticiones: 4

El Modelo Estadístico es:

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

Donde:

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

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

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

μ = Efecto de la media poblacional

α_i = Efecto del i -ésimo tipo de sal

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

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto conjunto de los factores (Interacción)

ξ_{ijk} = Error Experimental

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).

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

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 (3.5).

$$\arcsen \sqrt{\frac{X + 0.05}{100}}$$

Cabe señalar que el análisis estadístico se realizó con la ayuda del programa Excel. Una vez obtenido los análisis de varianza se procedieron a hacer la prueba de “Tukey”; para determinar el efecto que tuvieron las sales sobre la germinación del tomate y a que niveles tuvo mejores rendimientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación Fisiológica

A pesar de que se determinó a un plazo de 21 días para la germinación de tomate, *Lycopersicon Esculentum Mill Var.* Floradade, en ninguno de los tipos de sales se logró el 100 por ciento de su germinación, ni aun en condiciones normales, es decir en el tratamiento testigo sin sal.

Bajo condiciones normales, es decir en el testigo llegó a tener un 91 por ciento de germinación fisiológica a los 21 días.

La mayor germinación fisiológica bajo condiciones salinas se obtuvo (Figura 4.1) en $MgCl_2$ a 2 dS/m hasta un 89 por ciento a los 21 días; con 4 dS/m se obtuvo el 75 por ciento durante el mismo periodo; para 6 y 8 dS/m se obtuvieron 67 y 66 por ciento, respectivamente durante el mismo periodo. Esto nos quiere decir que al aumentar la concentración se retarda la germinación fisiológica. Esto prueba lo mencionado por **Ramírez (1988)** que niveles moderados de sales generalmente retardan la germinación y además afectan el porcentaje de emergencia, dependen del cultivo y del tipo de sal presente.

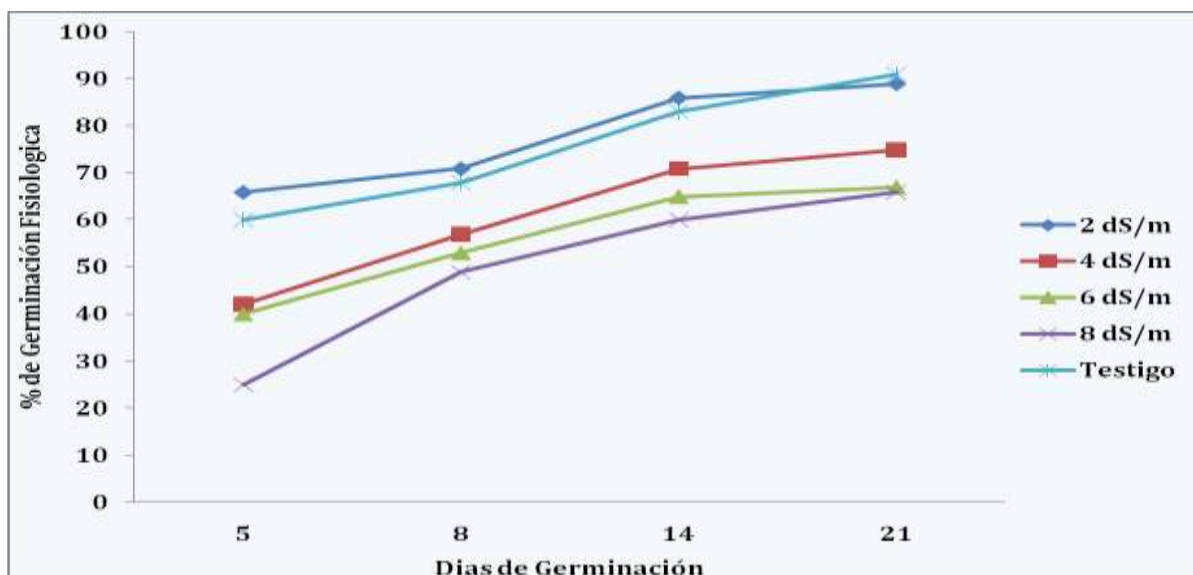


Figura 4.1. Germinación Fisiológica de tomate *Lycopersicon Esculentum Mill Var. Floradade* a diferentes concentraciones $MgCl_2$.

En este segundo tratamiento observamos que la concentración que obtuvo mayor germinación fisiológica fue el de 2 dS/m en el caso de NaCl con un porcentaje de 76 por ciento seguido de 4 dS/m que se obtuvo el 72 por ciento. En los casos de 6 y 8 dS/m obtuvimos valores bajos de germinación de 28 y 8 por ciento, respectivamente, todas estas observaciones se dieron en un periodo de 21 días que duró el experimento (observar figura 4.2).

Tomando en cuenta que la germinación fisiológica del tomate de 7 días aproximadamente, podemos decir que el NaCl retrasa e inhiben la germinación con forme aumentamos la concentración de sales, también se observó que el NaCl es tóxico para el cultivo de tomate a concentraciones altas de salinidad.

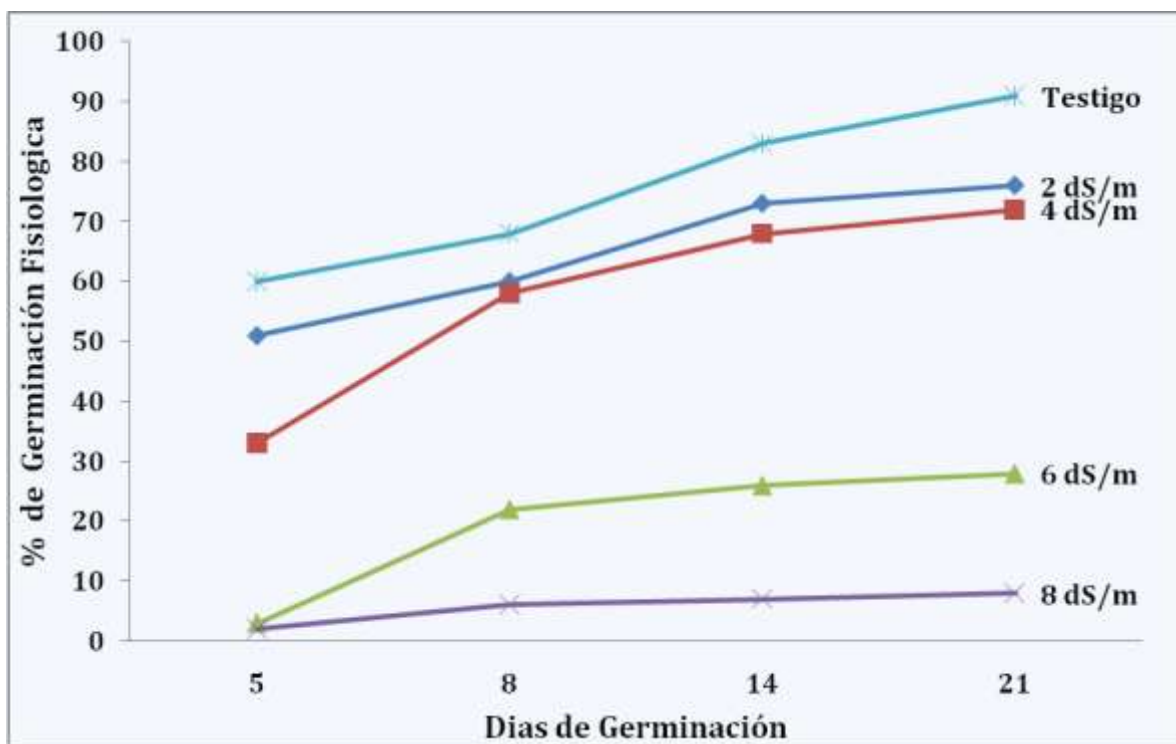


Figura 4.2. Germinación Fisiológica de tomate *Lycopersicon Esculentum Mill Var. Floradade* a diferentes concentraciones NaCl.

En el caso de la sal CaCl_2 se obtuvo valores de 82 por ciento con 2 dS/m seguido de 4 dS/m que obtuvo un porcentaje de 70 por ciento en un periodo de 21 días respectivamente; en las concentraciones de 6 y 8 dS/m se obtuvieron porcentajes de 58 y 41 por ciento respectivamente en un periodo de 21 días.

Al igual que las demás sales esta también retrasa la germinación fisiológica, tomando en cuenta que a los 7 días de germinación teníamos valores muy bajos de 23 y 16 por ciento en 6 y 8 dS/m, llegando al máximo nivel de germinación a los 21 días (ver figura 4.3).

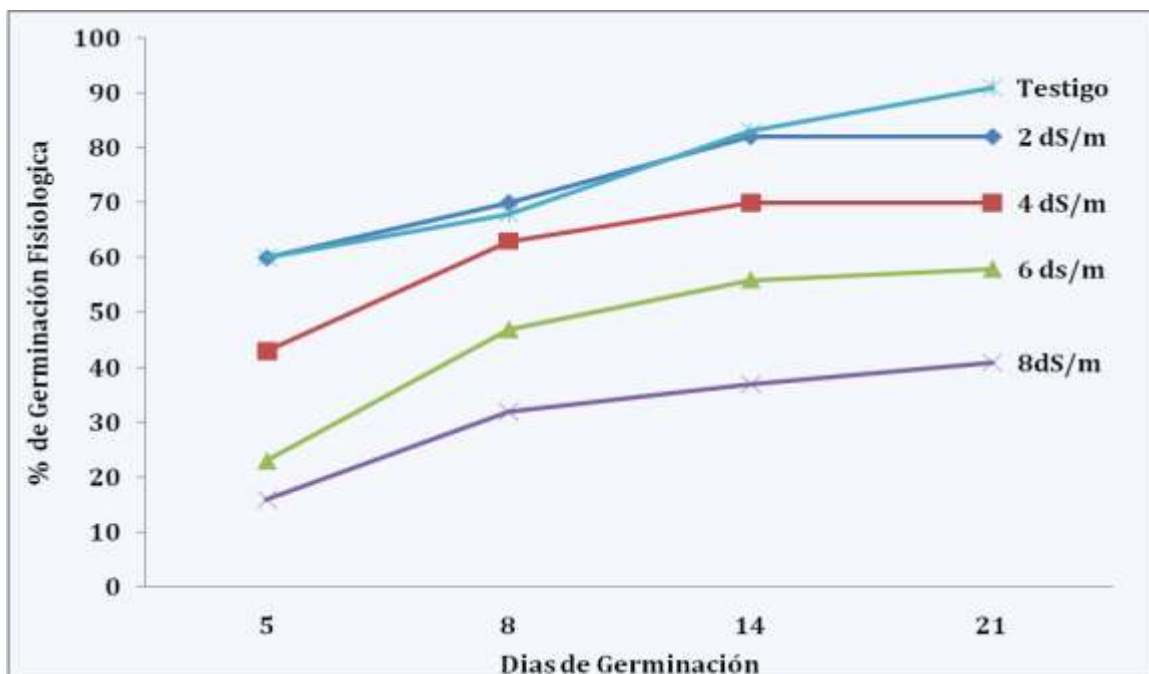


Figura 4.3. Germinación Fisiológica de tomate *Lycopersicon Esculentum Mill Var. Floradade* a diferentes concentraciones CaCl_2 .

De acuerdo a los resultados obtenidos en la germinación fisiológica del cultivo de tomate (*Lycopersicon Esculentum Mill Var. Floradade*) podemos decir que sí afecta los tipos de sales que se apliquen, así también el grado de salinidad que viene siendo el nivel de concentración. En nuestro caso el que más afecta la sal NaCl que retrasó e inhibió la germinación a un grado de llegar a tan sólo un 8 por ciento con 8 dS/m en el lapso de 21 días que duró el experimento, esto nos reafirma que para la semilla de tomate es tóxico a niveles altos de salinidad. Cabe mencionar que si tomamos en cuenta la germinación fisiológica del tomate que es de 7 días aproximadamente podemos observar que los tres tipos de sal se mantuvieron en un promedio de 62 por ciento y conforme aumentaron la concentración ésta se fue reduciendo considerablemente una más que otras (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Porcentaje de germinación fisiológica de tomate bajo tres tipos y cuatro niveles de sales.

Sales	Conc. (dS/m)	G.F (%)	Día	G.F (%)	Día	G.F (%)	Día	G.F (%)	Germinación Relativa	Día
Testigo	0	60	5	68	8	83	14	91	100	21
NaCl	2	51	5	60	8	73	14	76	83.5	21
	4	33	5	58	8	68	14	72	79.1	21
	6	3	5	22	8	26	14	28	30.8	21
	8	2	5	6	8	7	14	8	8.8	21
CaCl ₂	2	60	5	70	8	82	14	82	90.1	21
	4	43	5	63	8	70	14	70	76.9	21
	6	23	5	47	8	56	14	58	63.7	21
	8	16	5	32	8	37	14	41	45.1	21
MgCl ₂	2	66	5	71	8	86	14	89	97.8	21
	4	42	5	57	8	71	14	75	82.4	21
	6	40	5	53	8	65	14	67	73.6	21
	8	25	5	49	8	60	14	66	72.5	21

De acuerdo a la regresión lineal que se realizó a cada una de las sales (Figura 4.4) muestra el efecto porcentaje de germinación relativa y su valor límite de tolerancia. El efecto de la salinidad sobre la germinación en el cultivo de tomate se evaluó en términos del porcentaje final de germinación. En todos los tipos de sales se observó una disminución significativa de la germinación en función de la salinidad. En el Cuadro 4.2 se anotan los datos de VLT, B y coeficiente de determinación (r^2).

Cuadro 4.2. Valor límite de tolerancia relativa a salinidad y parámetros de la regresión para el porcentaje relativo de germinación.

Sal	VLT (dS/m)	B (%)	R ²
NaCl	0.63531	11.758	0.9226
CaCl ₂	0.35519	6.8132	0.9874
MgCl ₂	0.27806	3.956	0.9205

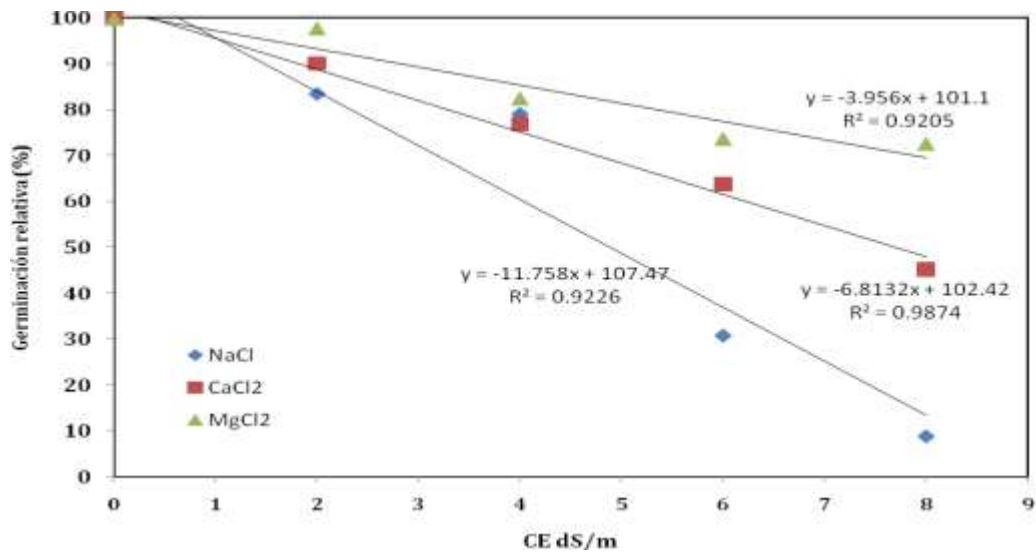


Figura 4.4. Porcentaje de germinación relativa para las diferentes tipos de sales.

Puede observarse la variabilidad del valor límite de tolerancia (VLT) que fluctuó de 0.27866 a 0.63531 dS/m, mientras que el valor de B varió de 3.956 a 11.758 por ciento. La sal que destacó por su capacidad germinativa en condiciones de salinidad fue, $MgCl_2$ ya que alcanza un 93.2 por ciento de germinación a valor de CE a 2 dS/m (Cuadro 4.3). La sal NaCl mostró el mayor VLT y el mayor porcentaje de disminución de la germinación, ya que conforme aumenta la concentración disminuye el índice de germinación. Todos los valores de r^2 fueron significativos. Los parámetros anteriores sirven para estimar el porcentaje de germinación a un valor dado de CE, de acuerdo con la ecuación 3.6.

$$R = 100 - B(CEs - VLT)$$

Donde:

R = Rendimiento o germinación relativa (%).

B = Pendiente de la línea recta, que indica el porcentaje de disminución del rendimiento por incremento unitario de la (CEs).

VLT = Valor límite de tolerancia, abajo del cual no se ve afectado el rendimiento (dS/m).

CEs = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (dS/m).

De acuerdo a los resultados obtenidos de porcentaje de germinación relativo (Cuadro 4.3) muestra que al aumentar la concentración disminuye el porcentaje de germinación, en el caso de NaCl muestra que a partir de 5 dS/m la velocidad de germinación disminuyó drásticamente a menos del 50 por ciento en comparación con los otros dos tratamientos. El MgCl₂ en el rango de CE que nosotros evaluamos se mantuvo arriba del 50 por ciento. Esto lo afirma **(Figueroa, 2005)** donde evaluó diferentes tipos de genotipos de alfalfa, mostrando resultados significativos en la variedad, la salinidad y de la interacción entre ambos. En todos los genotipos se observó una disminución significativa de la germinación en función de la salinidad.

Cuadro 4.3. Porcentaje de germinación relativo para un rango de CE de (0 a 8dS/m).

CE dS/m	NaCl	CaCl ₂	MgCl ₂
0	100	100	100
1	95.7	95.6	97.1
2	83.9	88.8	93.2
3	72.2	82.0	89.2
4	60.4	75.2	85.3
5	48.7	68.4	81.3
6	36.9	61.5	77.4
7	25.2	54.7	73.4
8	13.4	47.9	69.5

Plántulas Normales

Para poder cuantificar las plantas normales en todos los tratamientos, se hicieron conteos cada tercer día desde el momento en que las plántulas obtuvieron una longitud de plúmula de 1.8 cm y de radícula de 2cm.

Bajo condiciones normales, sin ningún tipo de sales (testigo) que simplemente se le aplicó agua destilada, obtuvimos el mayor porcentaje de

plántulas normales con un 81 por ciento, seguido de la sal MgCl_2 con 78 por ciento con 2 dS/m (ver Figura 4.5)

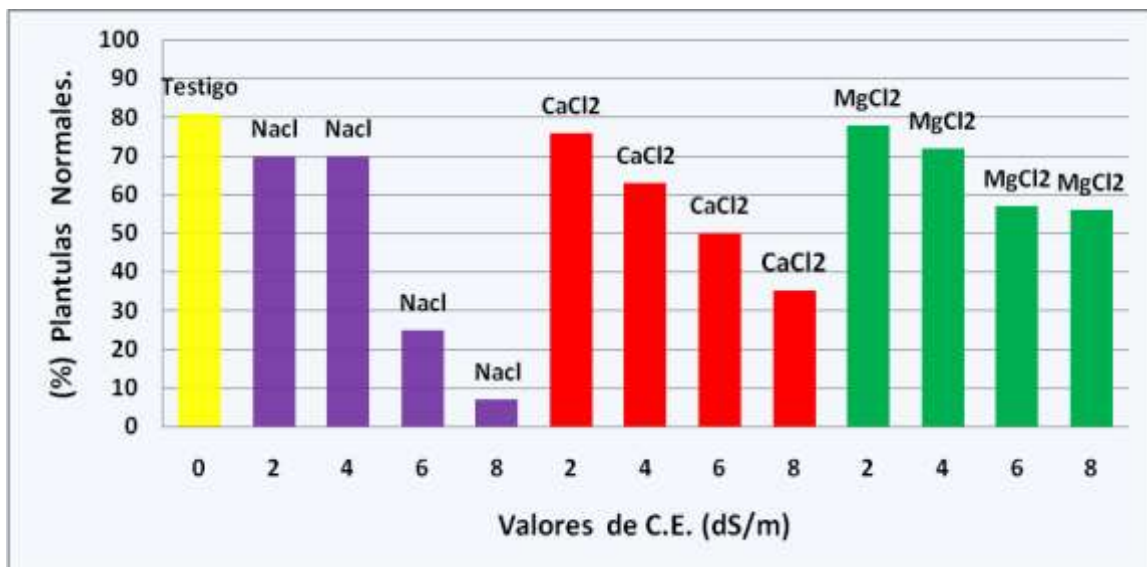


Figura 4.5. Porcentaje de plántulas normales de tomate con tres tipos de sales y cuatro niveles diferentes y un testigo extra (agua destilada).

El CaCl_2 obtuvo un 76 por ciento con 2 dS/m, seguido de 4 dS/m con un 63 por ciento. Las concentraciones de 6 y 8 dS/m fueron 50 y 35 por ciento, respectivamente. Así podemos decir que al igual que en la germinación conforme aumenta la concentración disminuye el porcentaje de plántulas normales.

De acuerdo a los datos anteriores de germinación fisiológica el NaCl fue el de menor porcentaje, debido a esto también en plántulas normales muestra valores muy bajos de 25 y 7 por ciento. En concentraciones de 6 y 8 dS/m, los valores más altos fueron de 70 por ciento con 2 y 4 dS/m, estos resultados nos reafirman que el NaCl inhibe el desarrollo y crecimiento de las plántulas, al igual que es tóxico ya que presentaba coloraciones amarillentas, todo esto se dio mediante aumentamos los niveles de sales (Ver cuadro 4.4)

Cuadro 4.4. Porcentaje de plántulas normales del tomate bajo cuatro concentraciones y tres tipos de sales.

Sal	Concentración (dS/m)	P. Normales. (%)
NaCl	2	70
	4	70
	6	25
	8	7
CaCl ₂	2	76
	4	63
	6	50
	8	35
MgCl ₂	2	78
	4	72
	6	57
	8	56
Testigo	0	81

En análisis de varianza (cuadro 4.5) muestra que hubo diferencias altamente significativos en todos los factores analizados.

Cuadro 4.5. Análisis de varianza de la variable plántulas normales.

F.V	g.l	Sc	CM	Fc	Fa	
					0.05	0.01
Testigo Contra Factorial	1	0.31837	0.31837	19.14462**	4.08	7.31
Sales (a - 1)	2	0.62973	0.31486	18.93343**	3.23	5.18
Concentraciones (b - 1)	3	1.87611	0.62537	37.60499**	2.84	4.31
Sales X Concen. (a-1)(b-1)	6	0.53140	0.08857	5.32572**	2.34	3.29
Experimental ab(r-1)+(q-1)	39	0.64873	0.01663			
Total abr + (q-1)	51	4.00434				

Al analizar los datos con una prueba de medias de “Tukey” (cuadro 4.6) tenemos que el testigo fue el que presentó mayor número de plántulas normales, superando a todas las sales y sus respectivas concentraciones. Enseguida se presenta los valores más altos que fueron MgCl₂, CaCl₂ y NaCl con 2 y 4 dS/m. De acuerdo a las comparaciones que se realizaron se dice que entre casi todos los tratamientos están claramente separados en el primer grupo estadístico (NS) o que simplemente no existió diferencia significativa alguna, son estadísticamente iguales, excepto el NaCl con 6 y 8 dS/m, CaCl₂ con 4, 6 y 8 dS/m, MgCl₂ con 6 y 8

dS/m, que mostraron ser significativamente diferentes en comparación con el testigo.

Cuadro 4.6. Comparación de medias entre testigo y tratamiento para la variable plántulas normales.

Sal	Concentración (dS/m)	Medias	Significancia
NaCl	2	70	NS
	4	70	NS
	6	25	*
	8	7	*
CaCl ₂	2	76	NS
	4	63	*
	6	50	*
	8	35	*
MgCl ₂	2	78	NS
	4	72	NS
	6	57	*
	8	56	*
Testigo	0	81	

Con esto podemos decir que MgCl₂ presentó mayor plántulas normales, seguida del CaCl₂ y al final NaCl. La mejor concentración para plántulas normales fue para 2 dS/m, ya que se observó que a bajas concentraciones de sales permite una buena germinación. Esto se puede ver en la figura 4.6 donde presenta el comportamiento de las medias de los tratamientos y testigo.

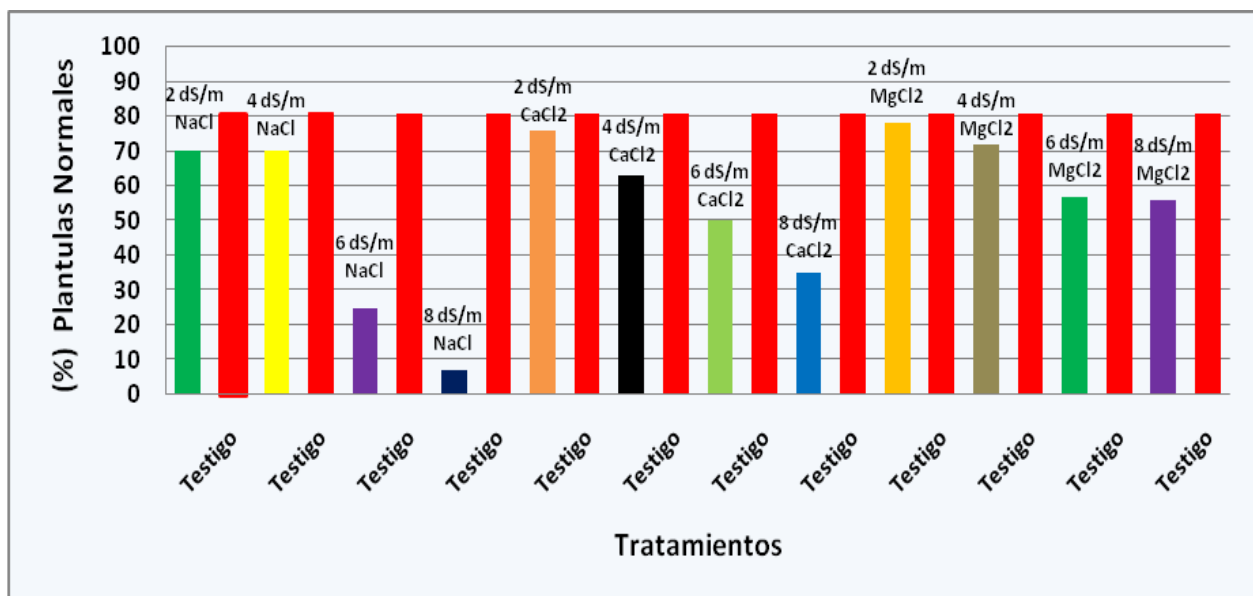


Figura 4.6. Comparación de medias entre los tratamientos y el testigo para la variable plántulas normales.

Plántulas Anormales

En cuanto a plántulas anormales y de acuerdo a la figura 4.7 el NaCl tiene los valores de porcentaje más pequeños que todos los demás tratamientos, pero esto se debe a que esta sal mostró porcentajes de plántulas normales muy bajas en concentraciones altas como se mostró en la figura 4.6.

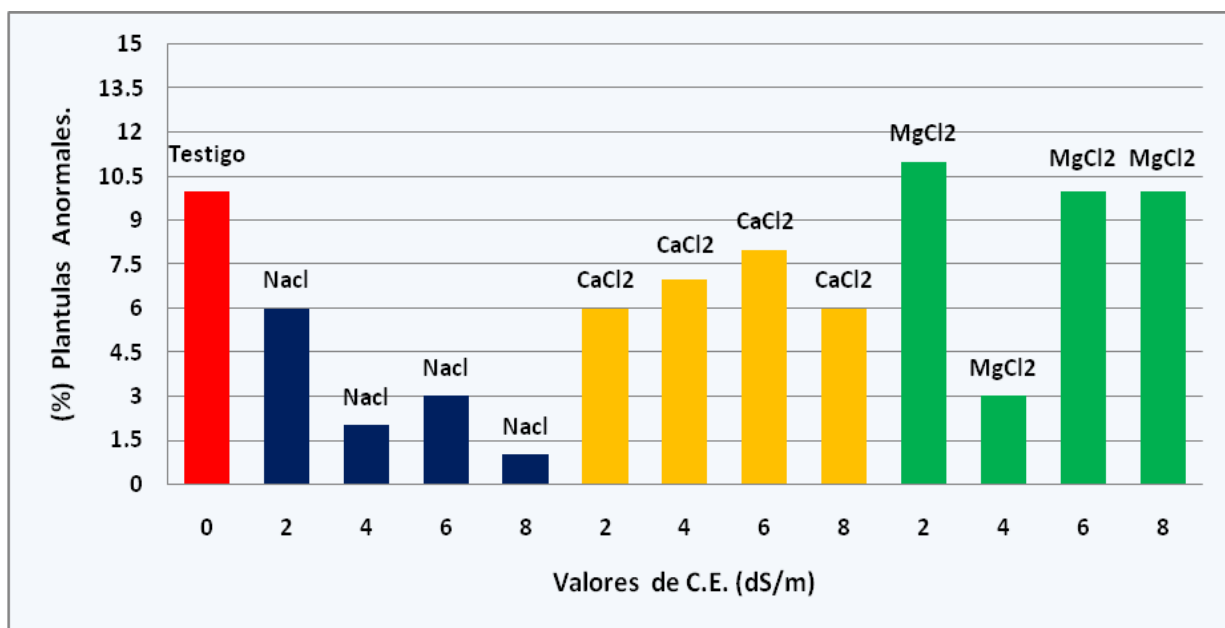


Figura 4.7. Porcentaje de plántulas anormales de tomate con tres tipos de sales y cuatro niveles diferentes y un testigo extra (agua destilada).

Al igual, en esta figura se muestra que el tratamiento $MgCl_2$ a concentraciones de 2, 6, 8 dS/m obtuvieron los valores más altos: 11, 10, 10 por ciento de plántulas anormales; se observó que donde hubo mayor plántulas normales hubieron mayor plántulas anormales, como es el caso del testigo que obtuvo el mayor porcentaje de plántulas normales, pero así también fue uno de los tratamientos más altos con plántulas anormales con el 10 por ciento.

Si hacemos la comparación entre sales decimos que la sal que obtuvo mayor porcentaje de plántulas anormales fue el $MgCl_2$ que tuvo un 11 por ciento, seguida de las sales $CaCl_2$ con 6 dS/ y $NaCl$ 2 dS/m Con valores de 8 y 6 por ciento, respectivamente (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7. Porcentaje de plántulas anormales de tomate bajo cuatro concentraciones con tres tipos de sales y un testigo.

Sal	Concentración (dS/m)	P. Anormales. (%)
NaCl	2	6
	4	2
	6	3
	8	1
CaCl ₂	2	6
	4	7
	6	8
	8	6
MgCl ₂	2	11
	4	3
	6	10
	8	10
Testigo	0	10

El análisis de varianza (cuadro 4.8) muestra que hubo diferencia altamente significativos entre los tipos de sales. En lo que respecta a las comparaciones de concentraciones podemos decir que no existe diferencias significativas, estadísticamente son iguales.

Cuadro 4.8 Análisis de varianza de la variable plántulas anormales.

F.V	g.l	Sc	CM	Fc	Fa	
					0.05	0.01
Testigo Contra Factorial	1	0.03683	0.03683	2.63663 ^{NS}	4.08	7.31
Sales (a - 1)	2	0.19103	0.09552	6.83721 ^{**}	3.23	5.18
Concentraciones (b - 1)	3	0.07000	0.02333	1.67032 ^{NS}	2.84	4.31
Sales X Concen. (a-1)(b-1)	6	0.06702	0.01117	0.79954 ^{NS}	2.34	3.29
Experimental ab(r-1)+(q-1)	39	0.54481	0.01397			
Total abr + (q-1)	51	0.90969				

Al analizar los datos con la prueba de medias de “Tukey” (cuadro 49), se observó que el mayor número de plántulas anormales se presentó en MgCl₂, CaCl₂ en todas sus concentraciones. Estos tratamientos están claramente separados en un mismo grupo estadístico (NS), es decir que son estadísticamente iguales, y que en el tratamiento NaCl con 4, 6 y 8 dS/m sí existen diferencias significativas.

Cuadro 4.9. Comparación de medias entre los tratamientos y el testigo de la variable plántulas anormales.

Sal	Concentración (dS/m)	Medias	Significancia
NaCl	2	6	NS
	4	2	*
	6	3	*
	8	1	*
CaCl ₂	2	6	NS
	4	7	NS
	6	8	NS
	8	6	NS
MgCl ₂	2	11	NS
	4	3	NS
	6	10	NS
	8	10	NS
Testigo	0	10	

En general podemos decir que MgCl₂ provocó más plántulas anormales. Esta sal a niveles moderados ocasionó que se presentara un mayor número de plántulas anormales. El MgCl₂ estimuló la germinación, sin embargo obtuvo mayor toxicidad en las concentraciones 2, 6, 8, dS/m y la concentración a 4 dS/m fue el que tuvo menor porcentaje.

La anormalidad se debe al efecto de los iones o a la formación de productos metabólicos tóxicos. (Meiri, 1969). Se debe principalmente a las sales acumuladas en las raíces, mostrando una deformación. Esto nos indica que la sal influyo directamente en la germinación y en algunos tipos de sales se estimula la germinación a concentraciones bajas, presentando efectos muy tóxicos ocasionando la anormalidad de plántulas. La Figura 4.8 se observa gráficamente el comportamiento de las medias de los tratamientos y el testigo para la variable plántulas anormales.

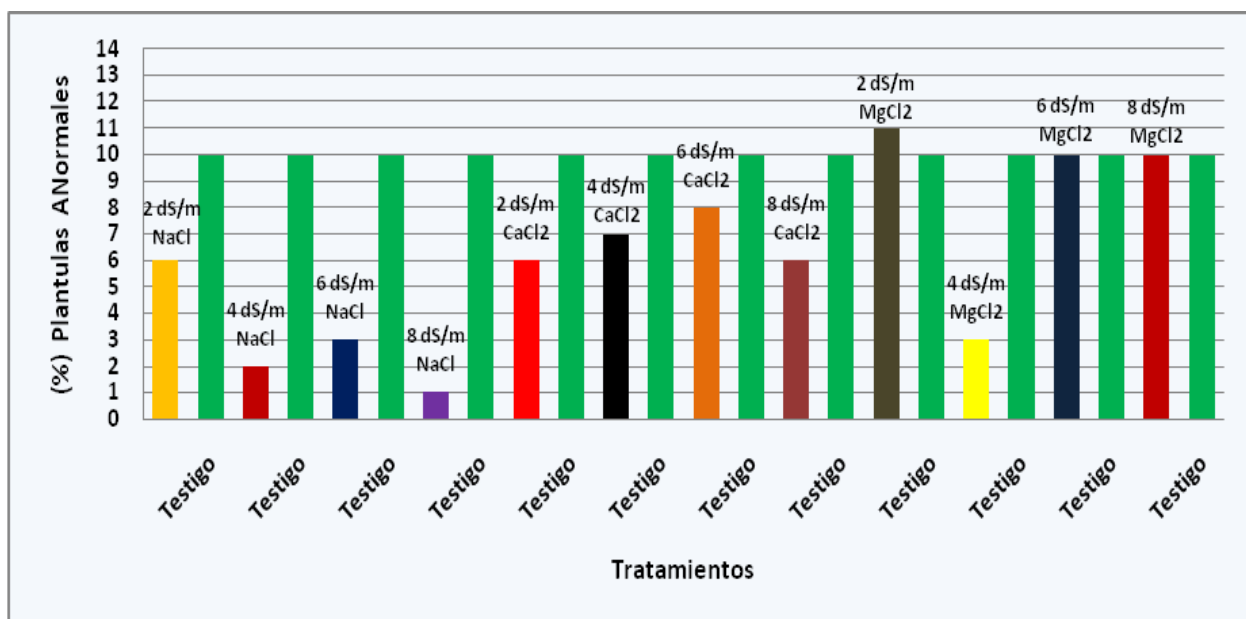


Figura 4.8. Gráfica de la comparación de medias entre los tratamientos y testigo para plántulas anormales.

Semillas Muertas

Esta variable fue un poco difícil de explicarlo debido a que no se sabe si la semilla evaluada pudo tener algún tipo de problema para su germinación al inicio.

Así también la semilla que se utilizó para dicho proyecto no recibió ningún tratamiento.

La concentración que presentó mayor porcentaje de semillas muertas fue el NaCl con 6 y 8 dS/m, con un porcentaje de 72 y 92 por ciento respectivamente, seguido de CaCl₂ con 6 y 8 dS/m, con un porcentaje de 42 y 59 por ciento, respectivamente. El MgCl₂ obtuvo valores de 33 y 34 por ciento con 6 y 8 dS/m, y que dando al final con el porcentaje más bajo el testigo que fue regada con agua destilada (Figura 4.9).

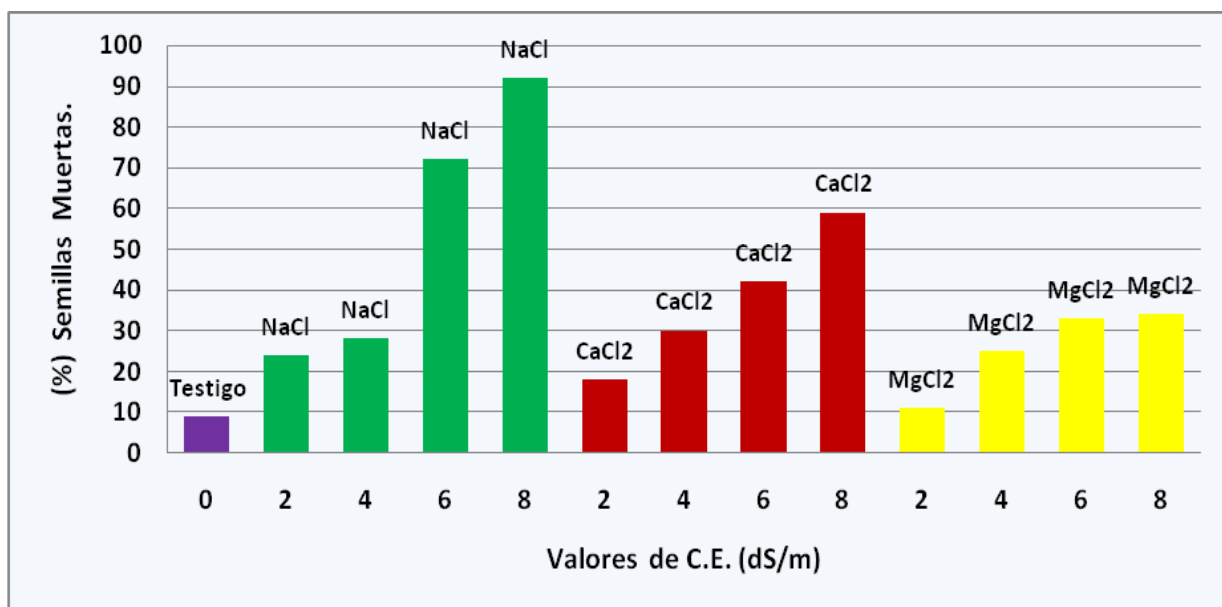


Figura 4.9. Porcentaje de semillas muertas con tipos y a diferentes concentraciones.

La mayoría de las semillas muertas se observaron al final del ensayo, debido a que no presentaron indicios de viabilidad para germinar.

Al hacer la comparación de los resultados de las sales con el tratamiento testigo se observó que el testigo nada más obtuvo el 9 por ciento de semillas muertas y que el NaCl tuvo el mayor porcentaje a concentraciones de 6 y 8 dS/m, seguido de 4 y 2 dS/m que presentaron 28 y 24 por ciento, respectivamente (cuadro 4.10).

Para CaCl₂ a concentraciones de 8 y 6 tuvieron el mayor porcentaje registrando valores de 59 y 42 por ciento de semillas muertas, respectivamente, seguidos de 4 dS/m con 30 por ciento y al final 2 dS/m con 18 por ciento.

Se observó que de las tres sales evaluadas la que presentó menor porcentaje de semillas muertas fue el MgCl₂ con valores de 11 por ciento a 2 dS/m; 25 por ciento a 4 dS/m, y los dos últimos muy parejos son 6 y 8 dS/m con 33 y 34 por ciento respectivamente.

Cuadro 4.10. Porcentaje de semillas Muertas de tomate bajo cuatro concentraciones, tres tipos de sales y un testigo.

Sal	Concentración (dS/m)	Semillas Muertas. (%)
NaCl	2	24
	4	28
	6	72
	8	92
CaCl ₂	2	18
	4	30
	6	42
	8	59
MgCl ₂	2	11
	4	25
	6	33
	8	34
Testigo	0	9

El análisis de varianza (cuadro 4.11) muestra que hubo diferencias altamente significativo entre los niveles de los factores A y B y se observa que si existe efecto conjunto entre ellos.

Cuadro 4.11. Análisis de varianza de la variable semilla muerta.

F.V	g.l	Sc	CM	Fc	Fa	
					0.05	0.01
Testigo Contra Factorial	1	0.50861	0.50861	33.02686**	4.08	7.31
Sales (a - 1)	2	0.94680	0.47340	30.74040**	3.23	5.18
Concentraciones (b - 1)	3	1.99830	0.66610	43.25314**	2.84	4.31
Sales X Concen(a-1)(b-1)	6	0.54961	0.09160	5.94815**	2.34	3.29
Experimental ab(r-1)+(q-1)	39	0.60072	0.01540			
Total abr + (q-1)	51	4.60404				

La prueba de medias de “Tukey” (Cuadro 4.12) muestra que el testigo fue muy diferente a los demás tratamientos ya que presentó pocas semillas muertas. El testigo se sitúa en el primer grupo estadístico (NS), junto con los tratamientos CaCl₂ y MgCl₂ con 2 dS/m, donde indica que no hubo diferencias significativas y que estadísticamente son iguales.

En cambio todos los tratamientos restantes con sus concentraciones respectivas se observaron diferencias significativas en comparación con el testigo.

Cuadro 4. 12. Tabla de comparación de medias de tratamientos y el testigo para la variable semillas muertas.

Sal	Concentración (dS/m)	Medias	Significancia
NaCl	2	24	*
	4	28	*
	6	72	*
	8	92	*
CaCl ₂	2	18	NS
	4	30	*
	6	42	*
	8	59	*
MgCl ₂	2	11	NS
	4	25	*
	6	33	*
	8	34	*
Testigo	0	9	

La concentración en donde se presentaron valores altos de semillas muertas fue con 8 y 6 dS/m de NaCl, esto debido a que a valores altos de salinidad es tóxico para las semillas inhibe la germinación. En la figura 4.10 se observa el comportamiento de medias de los tratamientos y el testigo para la variable semillas muertas.

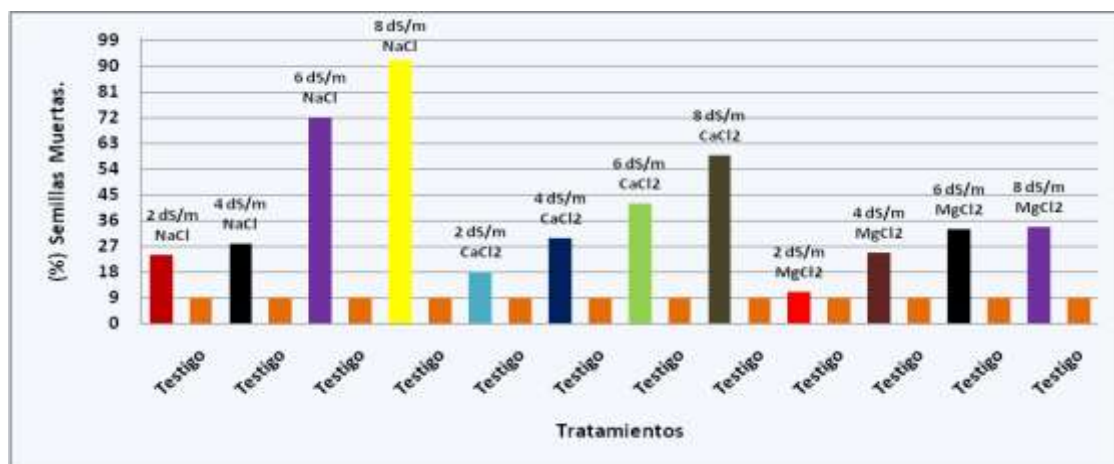


Figura 4.10. Gráfica de la variable de semillas muertas, comparando los tratamientos con respecto al testigo.

Las semillas que se utilizaron en el proyecto no fueron tratadas para este experimento, y que la semilla tiene un 85 por ciento de viabilidad de germinación está en la variedad *Floradade*. 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 a 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 ayudaron a corroborar las pruebas de vigor de las plántulas.

El análisis de varianza (cuadro 4.13) muestra que no hay diferencias significativas entre el testigo y cada uno de los factores. Además se observó que tanto para el factor tipo de sales, como el factor concentraciones si se encontraron diferencias altamente significativas.

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

F.V	g.l	Sc	CM	Fc	Fa	
					0.05	0.01
Testigo Contra Factorial	1	0.06217	0.06217	0.18177 ^{NS}	4.08	7.31
Sales (a - 1)	2	5.55657	2.77828	8.12269 ^{**}	3.23	5.18
Concentraciones (b - 1)	3	9.40537	3.13512	9.16595 ^{**}	2.84	4.31
Sales X Concen(a-1)(b-1)	6	6.60206	1.10034	3.21700 [*]	2.34	3.29
Experimental ab(r-1)+(q-1)	39	13.33941	0.34204			
Total abr + (q-1)	51	34.96558				

Una vez analizados por el método de comparación de medias de “Tukey” (cuadro 4.14). El análisis indica que no existen diferencias entre los tratamientos y

el testigo; el tratamiento con mayor longitud fue el de MgCl_2 con 2 dS/m, seguido de NaCl con 2 dS/m y CaCl_2 con 2 dS/m y el valor más pequeño lo obtuvo la concentración de 8 dS/m en NaCl.

Cuadro 4. 14. Tabla de comparación de medias de tratamiento para la variable longitud de la plúmula.

Sal	Concentración (dS/m)	Medias	Significancia
NaCl	2	3.99216	NS
	4	3.58105	NS
	6	3.14750	NS
	8	1.53125	*
CaCl_2	2	3.91113	NS
	4	3.75233	NS
	6	3.26098	NS
	8	3.30920	NS
MgCl_2	2	4.26149	*
	4	3.73915	NS
	6	3.88189	NS
	8	3.68182	NS
Testigo	0	3.37440	

El testigo se sitúa en el primer grupo estadístico (NS), seguido de NaCl con 2, 4, 6 dS/m, CaCl_2 2, 4, 6, 8 dS/m y MgCl_2 4, 6, 8 dS/m son estadísticamente igual, no existe diferencias significativas.

El tratamiento MgCl_2 con 2 dS/m es el que tuvo mayor longitud de plúmula y que si existió diferencia estadística entre el testigo y los tratamientos. El tratamiento NaCl con 8 dS/m es el que tuvo menor longitud de plúmula y al igual existió diferencia significativa entre el testigo y tratamientos.

Estos resultados son similares a los de Shannon *et al.* 1987 en donde encontró que la sal ocasiono el decremento del tallo. El CaCl_2 mostró muy poco crecimiento en sus concentraciones, también el MgCl_2 es la sal que dio buenos resultados a concentraciones de 2 y 6 dS/m.

En general se observó (Figura 4.11) que MgCl_2 presentó un buen vigor a concentración de 2 dS/m obteniendo el valor de mayor de longitud, con esto podemos decir que MgCl_2 permitió una buena germinación a concentraciones medias de sales. Para el NaCl a una concentración de 8 dS/m presentó muy poco desarrollo de la plúmula.

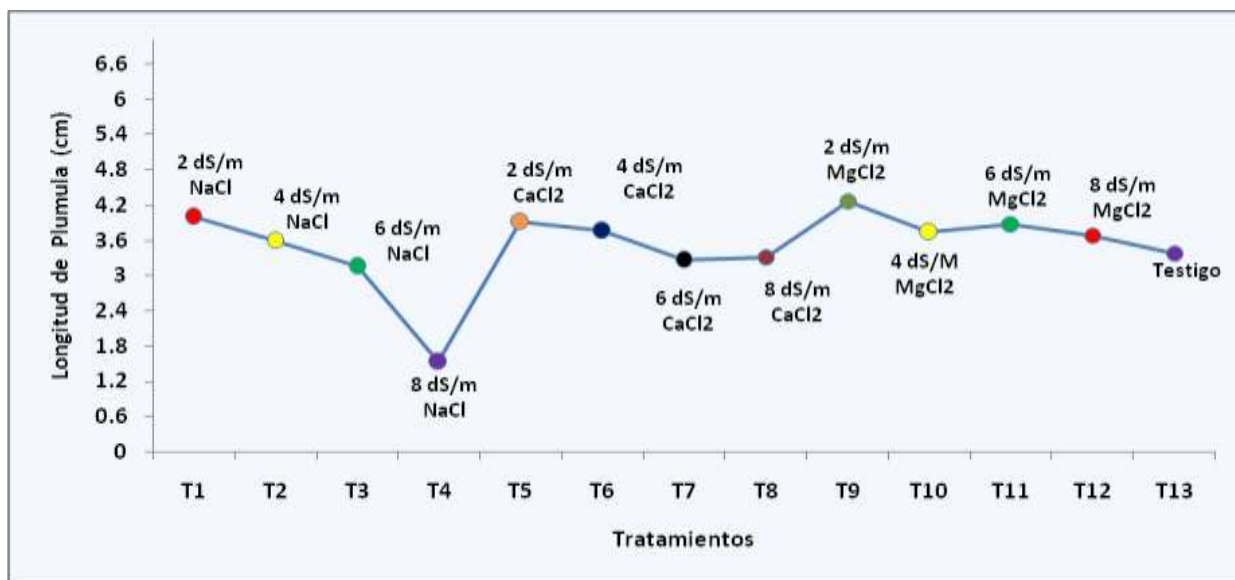


Figura 4.11. Gráfica de la variable longitud de la plúmula.

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 4.15) sólo muestra diferencia altamente significativa entre las concentraciones de sales.

Cuadro 4.15. Análisis de varianza para la variable longitud de la raíz.

F.V	g.l	Sc	CM	Fc	Fa	
					0.05	0.01
Testigo Contra Factorial	1	2.88835	2.88835	1.24493 ^{NS}	4.08	7.31
Sales (a - 1)	2	0.68401	0.34200	0.14741 ^{NS}	3.23	5.18
Concentraciones (b - 1)	3	64.75311	21.58437	9.30325 ^{**}	2.84	4.31
Sales X Concen(a-1)(b-1)	6	45.15428	7.52571	3.24372 [*]	2.34	3.29
Experimental ab(r-1)+(q-1)	39	90.48332	2.32009			
Total abr + (q-1)	51	203.96307				

Al aplicar la prueba de medias de “Tukey” (Cuadro 4. 16) se observó que $MgCl_2$ a una concentración de 2 dS/m se obtuvo la mayor longitud de raíz con 10.422cm, seguido del NaCl con 2 dS/m que obtuvo 9.626cm y el testigo con 8.787cm fue superado por NaCl y $MgCl_2$.

Cuadro 4.16. Comparación de medias para la variable longitud de la raíz.

Sal	Concentración (dS/m)	Medias	Significancia
NaCl	2	9.62693	NS
	4	8.70192	NS
	6	8.63583	NS
	8	4.06875	*
$CaCl_2$	2	8.62012	NS
	4	8.18101	NS
	6	7.41354	NS
	8	7.38661	NS
$MgCl_2$	2	10.42215	NS
	4	7.36027	NS
	6	6.98572	NS
	8	7.43475	NS
Testigo	0	8.78759	NS

Los mejores tratamientos que presentaron mayores valores fueron $MgCl_2$ a 2 dS/m y NaCl a 2 dS/m, seguido del testigo y los demás tratamiento se encuentran en el mismo grupo estadístico, no existen diferencias significativas entre ellos, excepto el tratamiento NaCl a 8 dS/m que mostró longitud de raíz muy bajo es significativamente diferente del testigo y del resto de los tratamientos.

Al aumentar la concentración de NaCl disminuyó la longitud de raíz, sin embargo el tratamiento se mantuvo entre los valores más altos.

En general podemos observar (Figura 4.12) que $MgCl_2$ 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.

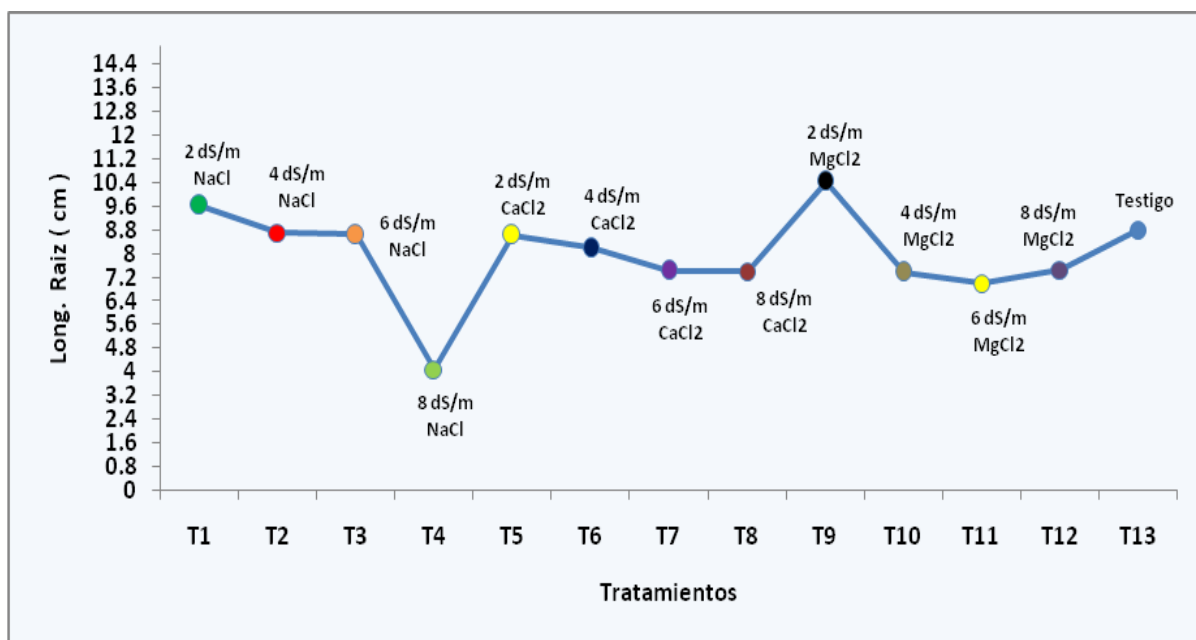


Figura 4.12. Gráfica de la variable longitud de la raíz para cada tratamiento.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En ningún de los tratamientos alcanza el 100 por ciento de germinación fisiológica. El testigo presentó mejor germinación fisiológica con un 91 por ciento y fue mayor que todas las sales y entre las sales el MgCl_2 a 2 dS/m con un 89 por cientos, seguido de CaCl_2 a 2 dS/m con un 82 por ciento y el NaCl a 2 dS/m con 76 por ciento. La germinación fisiológica disminuyó a medida que aumentó la concentración de sal.

2. Los efectos causados por estas sales son: tóxicas y latencias, provocaron anormalidad e inhibición de semillas.

3. La sal con la que se presentó un mayor porcentaje de plántulas normales fue MgCl_2 a una concentración de 2 dS/m con un 78 por ciento, seguida de CaCl_2 a 2 dS/m con un 76 por ciento, cabe mencionar que haciendo la comparación con el testigo y los tratamiento el testigo fue el que mayor plántulas normales presentó.

4. El NaCl permitió un buen número de plántulas normales a concentraciones bajas, con porcentajes de 70 por ciento a 2 y 4 dS/m, aunque conforme aumentaron la concentración estos valores fueron bajando bruscamente llegando a 7 por ciento a 8 dS/m, esto quiere decir que existió toxicidad al momento que la salinidad aumentó.

5. MgCl_2 a concentraciones de 6 y 8 dS/m presentó mayor número de plántulas anormales con 10 por ciento respectivamente. También la estimulo la germinación, sin embargo después de un nivel altos de salinidad produce toxicidad, ocasionando así un mayor número de plántulas anormales.

6. En semillas muertas, tenemos que el NaCl a concentraciones de 6 y 8 dS/m fueron las que presentaron un mayor porcentaje. Considerando lo anterior, las concentraciones en la cual se inhibe la germinación es en 6 y 8 dS/m, variando según el tipo de sal que se presente.

7. Para la longitud de plúmula tenemos que $MgCl_2$ presentó el mejor vigor a concentraciones menores de 6 dS/m, esto quiere decir que el magnesio favoreció el desarrollo de la plántula.

8. Para longitud de la raíz los mejores tratamientos que presentaron mayores valores fueron $MgCl_2$ a 2 dS/m, seguido por NaCl a 2 dS/m.

RECOMENDACIONES

1. Dar continuidad con los estudios de salinidad en el tomate 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 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. LITARATURA 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. 1993. Apuntes de suelos salinos sódicos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Centeno, G. E. 1986. Monografía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. P. 3 – 71.

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 Technolgy. Burgess Publishing Company. Second Edition. Minneapolis, Minnesota, USA. 50p.

Estrada, L. F. 1995. Evaluación de la salinidad en cinco especies del género 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/recuperacion/recuperacion.

Figuerroa, 2005. Metodología para evaluar la tolerancia a salinidad de cultivos en etapas tempranas de desarrollo. Campo Experimental La Laguna, INIFAP. Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte., Matamoros, Coah. 27440. México.

Gatica, S.C.T. 2004. Evaluación del Efecto del riego temperado en la producción de plantines de tomate, en la localidad de Ahtilhue, Comuna de Lanco; por región. Tesis presentada a la facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, en la Universidad Católica de Temuco, Chile.

Guerra, H. M. 1993. Tolerancia a la salinidad en el Mejoramiento y la Producción Agrícola. Seminario de Postgrado, Departamento de Fitomejoramiento, División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. pp. 64 – 77.

Hartmann, y Kester, D. 1988. Propagación de plantas. México D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. pp. 160p.

International seed Testing Association (ISTA). 1985. Seed Science and Technology Vol. 4 PP. 1 – 177. Netherlands.

Linares, O. H. 2004. Manual de Participante cultivo de tomate en invernadero. Colegio de postgraduados de Chapingo, México.

Maas, 1984. Salinity Problems, FAO.
<http://www.fao.org/DOCREP/003/T0234E/T0234E03.htm#ch2.4.3>

Meza et al. A. 2005. Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de parchita (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) Departamento de Agronomía. Posgrado de Horticultura, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" Lara, Venezuela.

Michel, L. S. M. A. 1992. Respuestas de *Atriplex lentiformis* a Cuatro Tipos de Sales y Cinco Valores de Presión Osmóticos 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 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 Hormonas sobre la germinación y vigor en semillas de pastos. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila.

Moreno, M. E. 1976. Manual para el Análisis de Semillas. Productora Nacional de Semillas PRONASE. México, D. F.

Peña, I. De la. 1980. Salinidad de los Suelos Agrícolas - Su Origen, Clasificación – Prevención y Rehabilitación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. p. 1 – 42.

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.

Ruiz, C. E. 2005. Aprovechamiento y mejoramiento de un suelo salino mediante el cultivo de pastos forrajeros Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

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

Sánchez, L. A. 2005. Efectos de prohexadiona – Ca en tomate y su relación con la variación de la concentración de Giberelinas y Citocininas. Por investigadores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

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. Hot. Sci. 112(3): 416 – 423.

(SIAP), 2003. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera, con Información de las Delegaciones de la SAGARPA en los Estados. Avance de Siembras y Cosechas Perenes. 2004. [Http://www.sagarpa.gob.mx/sagar5htm](http://www.sagarpa.gob.mx/sagar5htm).

Steel R. G. and J. Torrie H. 1988. Principles and Procedures of Statistics, With special reference to the biological science. Ed. McGraw – Hill. Nueva York. pp. 162 – 164.

Valadez, L. A. 1997. Producción de Hortalizas. Ed. Limusa. México, D.F. pp 197 – 211.