



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

EFFECTO FISIOLÓGICO Y TOLERANCIA DE NaCl DE CHILES NATIVOS DEL ESTADO DE CHIAPAS

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA

PRESENTA

JORGE ALBERTO ZOMÁ VIZA

13270779

ASESOR:

DRA. NANCY RUIZ LAU

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

JUNIO 2018

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
2. JUSTIFICACION	7
3. OBJETIVOS	8
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	8
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPO	9
4.1. VALORES.....	9
4.2. MISIÓN.....	9
4.3. VISIÓN.....	9
4.4. LOCALIZACIÓN.....	10
5. PROBLEMAS A RESOLVER	11
6. ALCANCE Y LIMITACIONES	11
7. FUNDAMENTO TEÓRICO	12
7.1. ¿QUÉ ES LA SALINIDAD?.....	12
7.2. SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS.....	12
7.3. EFECTO DE LAS SALES EN EL SUELO.....	13
7.4. SUELOS SALINOS Y SÓDICOS Y SU EFECTO EN LAS PLANTAS.....	14
7.5. ¿CÓMO SE MIDE LA SALINIDAD EN UN SUELO?.....	15
7.6. EFECTOS DE TÓXICIDAD POR SODIO EN PLANTAS.....	15
7.7. MODELO DE ESTUDIO.....	16
7.7.1. GENERO <i>Capsicum</i>	16
7.7.2. <i>Capsicum frutescens</i>	17
8. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	17
8.1. COLECTA DEL MATERIAL VEGETAL.....	17
8.2. GERMINACIÓN Y ACLIMATACIÓN DE LAS PLÁNTULAS.....	18
8.3. TRATAMIENTO CON NaCl.....	18
8.4. PARÁMETROS A EVALUAR.....	18
8.5. MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA.....	18
8.6. PESO FRESCO Y PESO SECO.....	19
9. RESULTADOS	19
9.1. EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA AL ESTRÉS POR NaCl.....	19
10. CONCLUSIÓN	27
BIBLIOGRAFÍA	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del ITTG.....	10
Figura 2. Plántulas de chile siete caldos (<i>C. frutescens</i>) con 10 días de exposición a NaCl.	20
Figura 3. Contenido de clorofila en hojas de plántulas de chile siete caldos (bajo condiciones de salinidad por NaCl.	22
Figura 4. Peso fresco de la parte aérea de plántulas de chile 7 caldos (<i>C. frutescens</i>) bajo diferentes concentraciones de NaCl.....	24
Figura 5. Peso seco de la parte aérea de plántulas de chile 7 caldos (<i>C. frutescens</i>) bajo diferentes concentraciones de NaCl.....	24
Figura 6. Peso fresco del sistema radicular en presencia de diferentes concentraciones de NaCl .	25
Figura 7. Peso seco del sistema radicular en presencia de diferentes concentraciones de NaCl.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de sobrevivencia de plántulas de <i>C. frutescens</i> (siete caldos) después de 10 días de exposición a NaCl.	21
Tabla 2. Parámetros morfométricos de plántulas de <i>C. frutescens</i> después de 10 días de exposición a NaCl	23

1. INTRODUCCIÓN.

La salinidad de los suelos es uno de los factores que limita actualmente la agricultura en grandes extensiones de la tierra. A nivel mundial, más de 800 millones de hectáreas de terrenos están afectados por la salinidad. La mayoría de los suelos salinos se encuentran en las zonas áridas y semiáridas y se han formado de manera natural mediante la intemperización de las rocas que liberan sales solubles que se acumulan a través del tiempo (Rengasamy, 2002). El 40% de la superficie mundial corresponde a zonas áridas y semiáridas. Se han detectado tres causas principales por las cuales se presentan valores altos de pérdida de suelo en éstas zonas del país: las características edáficas y sus condiciones, el tipo de manejo actual bajo el cual están sujetas y los factores socioeconómicos y culturales de esas zonas (Montaño & Monroy, 2000).

Los suelos afectados por sales, ocupan cerca del 20% del área de irrigación del mundo. Se estima que se pierden al año cerca de 1.5 millones de hectáreas de suelos irrigados, lo cual resulta en una reducción de aproximadamente 11 mil millones de dólares en la productividad agrícola, debido al aumento de concentración de sales en el espesor de suelo donde se desarrolla el sistema radical de los cultivos (Bronwyn *et al.*, 2007).

Debido al uso de aguas salinas con presencia de sodio que interfiere en el crecimiento adecuado de la mayoría de las plantas. Estos sistemas aumentan gradualmente la concentración de sales solubles en el suelo, principalmente cloruros de sodio, calcio y magnesio, y en menor grado, sulfatos y carbonatos. Esta cantidad excesiva de sales no solamente daña los procesos microbiológicos, propiedades físicas y químicas del suelo, sino que también ocasiona un estrés en las plantas cultivadas que afecta negativamente sus procesos fisiológicos y bioquímicos que conducen a la reducción del potencial productivo de la mayoría de los cultivos de importancia agronómica (Maas & Hoffman , 1977). Cuando se incrementa el sodio en el suelo se forman carbonatos y bicarbonatos de sodio aumentando el pH por consiguiente haciendo difícil la disponibilidad de los nutrientes para la planta como P, Mn, Fe, Zn creando con ello serias deficiencias a

la planta manifestadas por quemaduras en las hojas, pobre crecimiento, escasa producción, en muchas veces la disminución del rendimiento hasta del 100% (Villanueva & Hernández, 2001).

Taiz & Zeiger, (2010) describieron dos componentes del estrés por salinidad (principalmente altas concentraciones de Na^+ y Cl^-) que son inespecíficos (estrés osmótico que causa déficit de agua) y específicos (acumulación de iones tóxicos que alteran la adquisición de nutrientes y que son citotóxicos (Munns & Tester, 2008).

La mayoría de las plantas de importancia agrícola en México son sensibles a la salinidad y su producción se ve reducida significativamente cuando se cultivan en suelos salinos (Bronwyn *et al.*, 2007). Desde hace varias décadas se conoce que existen diferencias en la tolerancia a la salinidad entre especies, incluso entre cultivares o variedades de la misma especie, y que esto debe ser aprovechado en los programas de mejoramiento genético para transferir tolerancia a especies que tienen gran importancia económica, pero que son sensibles al estrés salino.

Una de las hortalizas de gran importancia agronómica, económica y comercial es el chile (género *Capsicum*), ya que después del tomate es la segunda hortaliza que más se consume en el mundo.

El género *Capsicum* está formado por alrededor de 30 especies, siendo México el país con la mayor diversidad genética de este género (Pickersgill, 1969; 1984). Por su importancia socioeconómica, y aprovechando que los parientes silvestres de las plantas cultivadas de Chile son un valioso acervo genético que puede ayudar a entender los procesos bioquímicos y moleculares que se alteran por el estrés salino es de particular importancia desarrollar estudios enfocados a incrementar la comprensión de los mecanismos de tolerancia a la salinidad y los genes que los regulan para que contribuya a la solución de problemas en agricultura con condiciones salinas (Harlan, 1976; Stalker, 1980; Burdon J.J & Jarosz, 1989). Gran

cantidad de estudios en plantas de Chile realzan la importancia respecto a la concentración de nutrimentos en la parte aérea de la planta (hojas, tallos y frutos) pero hay pocos estudios en donde se traten estos factores en el sistema radical por lo que se hace necesario el conocimiento respecto a esta parte tan importante y fundamental para la planta como lo es la raíz ya que de la adecuada nutrición y manejo de esta, dependerá el resto de la planta (Escandon, 2011).

2. JUSTIFICACION.

En México la salinización de suelos afecta el 3.2% de su territorio, siendo este proceso una realidad cada vez más evidente, y una de las principales causas de degradación química, fundamentalmente en las zonas áridas y particularmente en los suelos bajo riego, donde la aplicación de fertilizantes y residuos industriales han favorecido la salinidad. Los estados afectados principalmente son: Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, San Luis Potosí, Chiapas, Nuevo León, Oaxaca, Veracruz y Zacatecas. Actualmente, la salinidad de los suelos es un problema que restringe las actividades agrícolas, sin importar si son grandes o pequeñas extensiones de tierra, ya que provoca la disminución de la capacidad productiva de los suelos y rendimiento de los cultivos, afectado la calidad ecológica del medio ambiente. El efecto más común sobre las plantas es la reducción del desarrollo debido a una disminución del potencial osmótico del medio de crecimiento y, en consecuencia, de su potencial hídrico; la toxicidad iónica normalmente es asociada con la absorción excesiva de Na^+ y de Cl^- y un desequilibrio nutricional debido a la interferencia de los iones salinos con la absorción de los nutrientes esenciales que requiere la planta. Un aspecto de gran relevancia en la respuesta de los cultivos a las sales es el ajuste osmótico, es decir, el incremento neto de la cantidad de solutos osmóticamente activos en los tejidos.

México se encuentra ubicado entre los primeros lugares a nivel mundial como país exportador de hortalizas y dentro de las hortalizas que se exportan, se encuentran algunos tipos de chile del género *Capsicum*. A nivel mundial, México ocupa el segundo lugar como productor de chile (Food and Agricultural Organization, 2005). Éste género es clasificado como moderadamente tolerante a la salinidad, sin embargo el rango de tolerancia puede variar dentro de la misma especie; de ahí la importancia de conocer los diferentes niveles de tolerancia a NaCl en especies silvestres ya que éstas podrían contar con mecanismo más eficientes que las especies domésticas.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL.

Establecer el rango de tolerancia al NaCl en *Capsicum annuum* nativas de Chile.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Determinar el porcentaje de sobrevivencia de plantulas de *Capsicum frutescens* (chile siete caldos) al estrés por NaCl.

Determinar la concentración máxima de tolerancia a NaCl en plantulas de *Capsicum frutescens* (chile siete caldos).

4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPO.

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio No. 12 del Polo Tecnológico del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; bajo la dirección de la Dra. Nancy Ruiz Lau.

4.1. VALORES.

- El ser humano.
- El espíritu de servicio.
- El liderazgo.
- El trabajo en equipo.
- La calidad.
- El alto desempeño.
- Respeto al medio ambiente.

4.2. MISIÓN

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

4.3. VISIÓN

Ser una institución de excelencia en la educación superior y tecnológica del sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

4.4. LOCALIZACIÓN.

Carretera Panamericana Kilómetro 1080, Terán, 29050 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

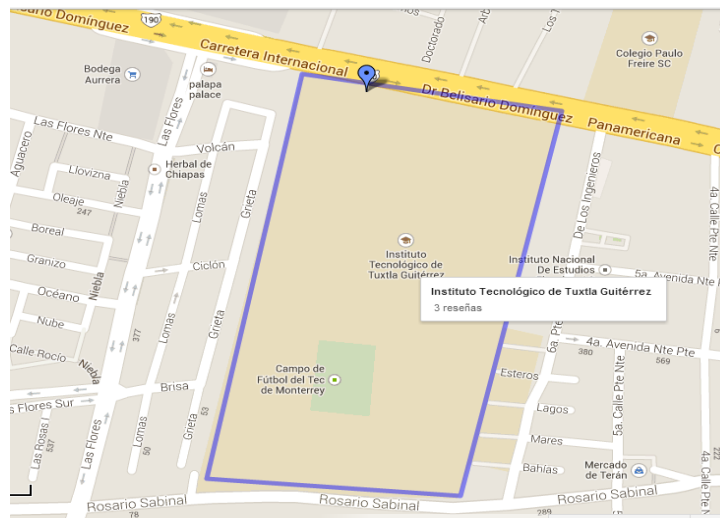


Figura 1. Ubicación del ITTG.

5. PROBLEMAS A RESOLVER.

La salinidad va en aumento año con año y con ello se incrementan las tierras de uso agrícola con éste problema, por lo que es de importancia identificar cultivos que sean más tolerantes a éste estrés. El estudio de especies silvestres permitirá identificar aquellas más tolerantes, ya que podrían presentar mecanismos más eficientes de tolerancia contra diversos factores medioambientales. El género *Capsicum*, es una hortaliza de importancia económica a nivel mundial y es clasificado como medianamente tolerante a la salinidad, sin embargo esta tolerancia puede variar dependiendo de la especie y se ha visto que en especies poco domesticadas los mecanismos de tolerancia son más eficientes. De ahí la importancia de identificar aquellas especies con éstos mecanismos para tratar de encontrar alternativas de cultivos.

6. ALCANCE Y LIMITACIONES.

La principal limitación con la que nos enfrentamos al realizar el trabajo de investigación fue la tasa de germinación; ya que las especies nativas y/o silvestres de *Capsicum* presentaron muy bajo porcentaje de germinación. Se esperaba trabajar con dos especies diferentes, pero no fue posible ya que no se pudo obtener un número adecuado de plántulas para llevar a cabo los diferentes tratamientos y se trabajó solo con el chile 7 caldos (*Capsicum frutescens*) quien a pesar de su bajo porcentaje de germinación (50%) fue el que tuvo más ejemplares.

7. FUNDAMENTO TEÓRICO.

7.1. ¿QUÉ ES LA SALINIDAD?

La salinidad se define como la presencia de concentraciones excesivas de sales solubles en el suelo. Los suelos son definidos como salinos si su contenido de sales solubles alcanza a dañar las plantas haciendo que estas bajen su productividad. Los cloruros, sulfatos, bicarbonatos de sodio, calcio y magnesio contribuyen en diferentes grados a la salinidad del suelo (USDA, 1982). El término salinidad se refiere a la presencia en el suelo de una elevada concentración de sales que perjudican a las plantas por su efecto tóxico y la disminución del potencial osmótico del suelo. La situación más frecuente de salinidad en los suelos es por NaCl pero los suelos salinos suelen presentar distintas combinaciones de sales, siendo comunes los cloruros y los sulfatos de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} (Jenks & Hasegawa, 2005).

7.2. SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS

Los factores por la cual se desarrollan los suelos salinos son: litológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, antrópicos, así mismo describen los ciclos de salinización que son: Ciclos continentales, ciclos marinos, ciclos deltáicos, ciclos artesianos, ciclos antropogénicos (Porta *et al.*, 2008).

Los ciclos continentales se deben principalmente a la movilización, redistribución y acumulación de cloruros, sulfatos, bicarbonatos y carbonato sódico condicionados por clima, el régimen de humedad en el suelo, la posición geomorfológica y un deficiente drenaje. Dentro de este ciclo se observan la acumulación primaria y secundaria de sales. La acumulación primaria ocurre por la meteorización de las rocas "*in situ*" acumulándose en un solo lugar; y la acumulación secundaria ocurre por la movilización y redistribución de sales a cierta distancia de su lugar de origen.

Los ciclos marinos ocurren en suelos de llanuras a lo largo de las costas, bahías y marismas acumulando principalmente cloruro sódico. Los ciclos deltáicos se benefician de entarquinados que se derivan de inundaciones. Los ciclos artesianos se dan en determinadas áreas geográficas donde se supone hay agua freática profunda y estas al ascender pueden atravesar materiales que den origen a la salinización.

Los ciclos antropogénicos debido a la acción del hombre. Fortanelli (1999) menciona que si bien el suelo ha sufrido cambios propios del resultado evolutivo natural; la agricultura como parte de las actividades humanas ha contribuido significativamente a la alteración de los ciclos naturales y equilibrio dinámico entre el suelo, flora y fauna silvestre por una parte para contribuir a la producción de alimento vegetal y animal y por otra por el inadecuado manejo del mismo.

7.3. EFECTO DE LAS SALES EN EL SUELO

El principal efecto que tiene la acumulación de sales desde el punto de vista de la fertilidad es la pérdida de su estructura (Jordán, 2009).

En las zonas áridas y semiáridas, los problemas de salinidad y sodicidad son un factor limitante en la productividad de las plantas cultivadas. Dado que en zonas áridas las precipitaciones no son muy altas, es decir que la evaporación es mucho mayor a la precipitación, los lavados son de naturaleza local y las sales solubles no son transportadas muy lejos a diferencia de las zonas húmedas donde se lava el perfil y son llevadas a las capas inferiores hacia el agua subterránea y finalmente a los océanos. Las características químicas de los suelos salinos quedan determinadas principalmente por el tipo y cantidad de sales presentes (Castellanos, 2000).

Uno de los principales efectos de la salinidad en los suelos es la baja permeabilidad a causa del mal drenaje que existe, esto impide el flujo del agua de manera ascendente. Las partículas del suelo adsorben y retienen cationes a consecuencia de las cargas eléctricas que existen en la superficie, cuando los cationes se han

adsorbido se han combinado químicamente con las partículas del suelo y estas pueden ser remplazadas por otros cationes que se encuentren en la solución del suelo a esta reacción se le llama intercambio de cationes. Los cationes de magnesio, calcio y sodio son rápidamente intercambiables y otros cationes como el potasio y el amonio pueden quedar retenidos en determinada posición sobre las partículas del suelos que se dice que han sido fijados (Richards, 1974).

7.4. SUELOS SALINOS Y SÓDICOS Y SU EFECTO EN LAS PLANTAS

Las sales reducen el potencial osmótico de la solución del suelo; estas disminuyen la disponibilidad de agua en el suelo para las plantas creando condiciones de estrés aun cuando hay razonable nivel de humedad en el suelo.

La alcalinidad en suelos reduce la actividad biológica (fúngica y bacteriana). En términos agronómicos es la reducción nitrificadora y la alteración del ciclo del N. Altera los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes esenciales (Nielson & Sarudiansky, 2005).

Escandón (2011) hace mención de los efectos de sales en plantas:

1. Problemas en la absorción de agua: Al haber altas concentraciones salinas, se impide una adecuada absorción del agua por medio de las raíces.
2. Problemas de toxicidad: Debido a ciertos iones en grandes concentraciones que pueden afectar a rutas metabólicas.
3. Problemas en la estructura del suelo: El exceso de sales favorece la aparición de costras que ocasionan la asfixia radicular. La existencia de ion sodio ocasiona la dispersión de la materia orgánica y de las arcillas, consiguiendo así la pérdida de estructura.

El estrés salino induce diversas respuestas morfológicas, fisiológicas y bioquímicas de las plantas, según el genotipo y la etapa de desarrollo de la planta (Willadino & Camara, 2003).

7.5. ¿CÓMO SE MIDE LA SALINIDAD EN UN SUELO?

La manera en la que se mide la salinidad en los suelos es mediante la conductividad eléctrica (CE). La CE, es una medida indirecta de cuantificar la concentración de aniones (nitratos, fosfatossulfatos, etc.) o cationes (potasio, calcio, magnesio, etc.), en otras palabras, es una medida aproximada para saber si se está aplicando la cantidad suficiente de nutrimentos en la solución nutritiva y si nuestro cultivo los está asimilando. Para esto, se debe medir la CE en los difusores de la solución nutritiva (entrada) y en el drenaje (salida). Una CE adecuada será por regla, cuando la diferencia entre ambas sea de una unidad, es decir, que la CE de la salida sea mayor que la de entrada. La CE ideal para cada cultivo puede variar significativamente dependiendo de la especie cultivada y etapa fenológica del mismo, por ejemplo, para tomate en plántula la CE ideal debe estar entre 1 a 1.5 dS/m (decisiemens por metro), mientras que para la etapa vegetativo-reproductivo debe ser entre 1.5 a 3.5 dS/m, el caso de tomates de especialidad que requieren de cierta cantidad de grados Brix (dulzor) la CE debe de ser más elevada.

7.6. EFECTOS DE TÓXICIDAD POR SODIO EN PLANTAS

El crecimiento de las plantas es retardado por procesos fisiológicos, como fotosíntesis, conductancia estomática, ajuste osmótico, captación de iones, síntesis de proteínas, síntesis de ácidos nucleicos, actividad enzimática y equilibrio hormonal (Parés *et al.*, 2008). También afecta el proceso de transporte de agua e iones, lo que provoca toxicidad iónica y desequilibrio nutricional (Larcher, 2003) y, en consecuencia, las variables de crecimiento vegetativo, como la masa seca, la altura de la planta y el área foliar, se ven gravemente afectadas (Parés *et al.*, 2008)

El sodio (Na^+) es un inhibidor del crecimiento; puede ser fácilmente absorbido por las plantas; compite con la absorción de potasio (K^+), ion amonio (NH_4^+), y posteriormente calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}); es perjudicial para las plantas, ya que produce severas clorosis, crecimiento reducido y puede producir marchitamiento severo a concentraciones mayores de 150 a 200 mM (Hortalizas, 2006)

Los síntomas de toxicidad incluyen quemazones, encrespamiento de la hoja y muerte de tejidos lo cual ocurre inicialmente en los bordes externos y, a medida que la severidad de la toxicidad aumenta, progresa en los tejidos intervenales. Los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas y se diferencian de la toxicidad por cloruros en que esta se inicia en el ápice de la hoja. Algunos resultados experimentales han demostrado que la toxicidad del Na^+ se puede modificar o reducir si se encuentra suficiente Ca^{2+} disponible en el suelo (García , 2012).

La toxicidad metabólica del Na^+ está asociada con perturbaciones en la membrana celular y con la competencia por los sitios de enlace del K^+ esencial para el metabolismo. Una alta concentración de Na^+ desplaza los iones de Ca^{2+} de los sitios de enlace de la membrana celular en la raíz y altera su permeabilidad, lo que causa una salida de K^+ de las células y favorece la entrada de Na^+ .

7.7. MODELO DE ESTUDIO.

7.7.1. GENERO *Capsicum*

Este género se ubica en la familia Solanaceae, subfamilia Solanoideae, junto con los géneros *Acnistus*, *Athenea*, *Brachistus*, *Vassovia*, *Withania* y *Witheringia*, con los que en algún momento ha habido cierta confusión (Olmstead *et al.*, 1999; Knapp, 2002). La taxonomía del género *Capsicum* es compleja, debido a la gran variabilidad de tipos existentes en las formas cultivadas y a la diversidad de criterios utilizados en su clasificación. Este género fue instituido en 1700 por Tournefort con 27 especies (Bravo, 1934). Dentro del grupo de flores blancas se incluyen las especies domesticadas *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens* que están estrechamente relacionadas y forman el complejo *C. annuum*.

Todas las especies del género *Capsicum* son originarias de América. La distribución precolombina de este género se extendió probablemente desde el borde más

meridional de los Estados Unidos a la zona templada cálida del sur de Sudamérica (Heiser , 1964).

7.7.2. *Capsicum frutescens*

Este nombre se ha usado muchas veces para referirse a materiales que hoy se consideran dentro de *C. annuum* o *C. baccatum* (Pickersgill, 1969). El concepto de *C. frutescens* que se acepta es el propuesto por Heiser & Smith (1953).

Hierbas o arbustos pequeños, de hasta 2 m de alto, glabros a pubescentes, en su mayor parte finamente pubescentes; con dos o más flores por nudo, raramente una, erectas; no tiene constricción en la base del cáliz y el pedicelo; cáliz dentado o ausente; corola blanco verdosa; anteras azul a violeta raramente amarillas; fruto inmaduro verde sin, pigmentación oscura, fruto maduro pendientes y deciduos, con pulpa frecuentemente blanda; semillas de color crema a amarillo (D'Arey , 1973). Este chile se cultiva en las regiones cálidas de México. Este tipo de chile aparentemente se originó en el estado de Tabasco, México. Existen en México otras variedades comerciales de esta especie que se cultivan en los estados de Quintana Roo, Chiapas, Tabasco y Veracruz.

8. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

8.1. COLECTA DEL MATERIAL VEGETAL

Para la obtención de semillas se colectaron frutos de chile 7 caldos (*C. frutescens*) de los diferentes mercados ubicados en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

8.2. GERMINACIÓN Y ACLIMATACIÓN DE LAS PLÁNTULAS

Para favorecer la germinación, se colocaron 200 semillas de chile 7 caldos (*C. frutescens*) en imbibición. Para ello, las semillas se colocaron en tubos eppendorf (1.5 mL) con 1 mL de ácido giberélico (AG₃) a una concentración de 500 ppm durante tres días. Posteriormente, las semillas fueron sembradas en charolas de unigel utilizando un sustrato comercial (Peat moss), el riego diario se realizó con agua potable hasta la germinación. Al emerger las primeras hojas verdaderas se regaron cada tercer día con solución nutritiva. Las condiciones de germinación y crecimiento fueron a una temperatura de 25-28°C y un fotoperiodo de 16 h luz.

8.3. TRATAMIENTO CON NaCl.

Para simular el estrés salino se utilizó NaCl en concentraciones de: 0, 40, 80, 150 mM. Los tratamientos se realizaron en hidroponía en recipientes de plástico con capacidad para 500 mL con solución nutritiva Hoagland (1/5 f.i) con 25 plántulas cada uno. La duración de los tratamientos fue de 10 días y la solución nutritiva se cambió durante el experimento al cuarto día.

8.4. PARÁMETROS A EVALUAR

Se midió la conductividad eléctrica al inicio y al final de cada tratamiento. De igual manera se determinó el peso fresco y seco de la parte aérea y del sistema radicular; el contenido de clorofila y el porcentaje de supervivencia.

8.5. MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA

Al finalizar los tratamientos se determinó el contenido de clorofila mediante un clorofilómetro (SPAD-502 Plus). Se realizaron tres medidas por plántula (25 plántulas).

8.6. PESO FRESCO Y PESO SECO.

Para la determinación del peso fresco y seco, las plántulas fueron divididas en en parte aerea y sistema radical. El peso fresco se determinó mediante una balanza analítica. En el caso del peso seco, las muestras fueron secadas en un estufa a 50°C hasta peso constante (~72 h).

9. RESULTADOS

9.1. EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA AL ESTRÉS POR NaCl

Una vez germinadas las plántulas de chile se transfirieron a hidroponía en solución nutritiva Hoagland a 1/5 de su fuerza iónica (f.i) para su aclimatación y crecimiento durante dos semanas antes de comenzar los tratamientos el cual finalizó a los 10 días, ya que las plantulas presentaban daños severos a 150 mM NaCl. La figura 2 muestra las diferencias que hay entre la planta control y los diferentes

concentraciones de NaCl. Se pudo observar una disminución del crecimiento una defoliación y clorosis a 150 mM NaCl.

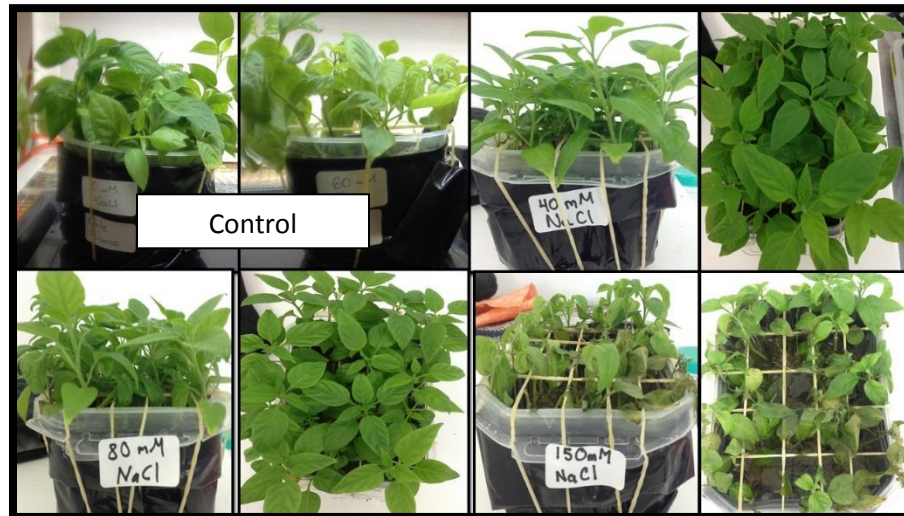


Figura 2. Plántulas de *C. frutescens* (chile siete caldos) con 10 días de exposición a NaCl.

Los resultados sugieren que partir de 80 mM NaCl las plántulas comienzan a sufrir el estrés incrementándose el daño en 150 mM y en consecuencia aumenta disminuye el % de supervivencia (Tabla 1). En el control y a 40 mM las plántulas no se ven afectadas por lo que se obtuvo un porcentaje del 100%, esto quiere decir que las 25 plántulas sobrevivieron. En el tratamiento de 80 mM el porcentaje de supervivencia fue de 72%, lo que nos dice que 18 plántulas sobrevivieron. En el tratamiento de 150 mM hay un porcentaje de supervivencia del 16%, esto nos indica que cuatro plántulas sobrevivieron al final del experimento.

Tabla 1. Porcentaje de supervivencia de plántulas de *C. frutescens* (siete caldos) a los 10 días de exposición a NaCl.

n=25

	Tratamientos [NaCl]	% de supervivencia	
El de	0	100	porcentaje
	40	100	
	80	72	
	150	16	

supervivencia se evaluo con respecto al total de plantas que fueron colocadas al principio de cada tratamiento (25 plantulas).

En cuanto al contenido de clorofila los resultados obtenidos presentan una tendencia a disminuir conforme aumenta la concentración de NaCl existiendo una diferencia significativa a 150 Mm (Figura 3).

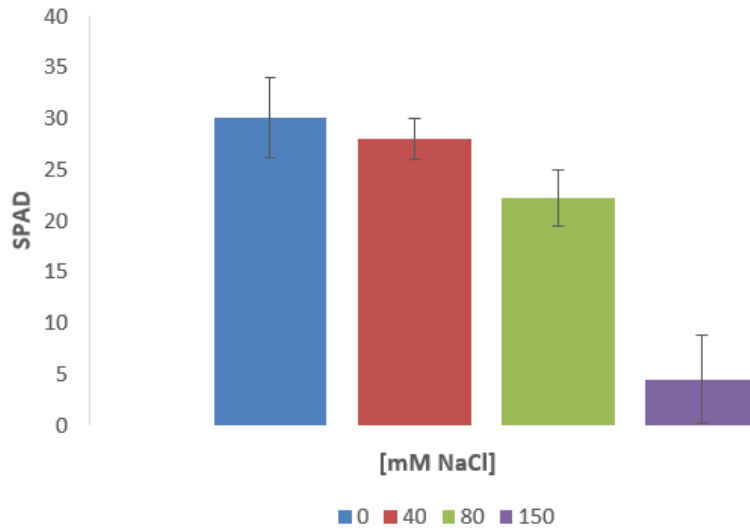


Figura 3. Contenido de clorofila en hojas de plántulas de chile 7 caldos (bajo condiciones de salinidad por NaCl).

Las clorofilas son pigmentos que absorben la luz. Estos pigmentos se encuentran en los cloroplastos, cuando los rayos de la luz visible inciden sobre las hojas son atrapados por la clorofila A y B los cuales absorben luz roja (600-700nm) y azul (400 y 500nm).

Estos fundamentos nos llevan a pensar que en nuestra investigación ocurrió un daño en los fotosistemas a causa del ion Na^+ y el Cl^- , según (Medina-Hernández, 2009) realizaron un experimento con el género *Capsicum* y obtuvieron que no hubo aumento en la molécula de clorofila sino que hubo un bloqueo de enzima que participan en el proceso fotosintético. Podemos deducir que este mismo efecto ocurrió en nuestro experimento, ya que podemos observar en la figura 3 la disminución de clorofila.

En cuanto la altura de la parte aérea, número de hojas y longitud de raíz encontramos que no hubo diferencias significativa en las evaluaciones. Un mayor número de hojas en el dosel y una mayor superficie de área foliar es benéfico para

la planta ya que tiene más maquinaria fotosintética que le permitirá mantener y desarrollar sus funciones metabólicas mientras pasa o se adapta al estrés (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros morfométricos de plántulas *C. frutescens* después de 10 días de exposición a NaCl.

[NaCl]	Altura de la parte aérea	Nº de hojas	Longitud del sistema radical
0	6.38± 1.9 a	10.4± 2.76 a	9.52± 2.1 a
40	6.21± 1.51 a	7.64±1.84 a	10.28±2.22 a
80	6.37±1.24 a	8.44±2.22 a	10.61±2.19 a
150	4.25±1.04 a	6±2.44 a	9±0.81 a

Las hojas son los principales protagonistas de numerosas funciones vitales para el crecimiento y desarrollo, tales como la interceptación y absorción de la radiación solar incidente, la fotosíntesis, la transpiración y la translocación de fotoasimilados. La hoja es también la superficie de intercambio entre la planta y el medio aéreo, así como el lugar donde se realiza la fotosíntesis. Es así como la intensidad de estos intercambios y de la actividad fotosintética dependen del área foliar (Welles & Norman, 1991). El área foliar es un indicador de la radiación interceptada de la que depende el potencial fotosintético (Ollat *et al.*, 1998). Un estrés salino conlleva un estrés hídrico ya que se reduce la cantidad disponible para la planta y sus necesidades de agua no son correspondidas. Esto implica una reducción del área foliar (Lira, 2003). La disminución en el número de hojas es como consecuencia del incremento de la salinidad, es una respuesta variable que depende de la especie, (Romeo-Aranda, 2001) sometieron a estrés salino con 35 y 70 mM NaCl donde presentaron una similar respuesta en reducir significativamente el número de hojas. El incremento de la salinidad en el experimento se ve reflejado en la disminución de hojas.

Con respecto al peso fresco y seco de la parte aérea, las evaluaciones muestran que el peso fresco disminuye en presencia de NaCl; sin embargo, no es

estadísticamente significativo al comparado con el testigo y entre los tratamientos. Sin embargo, la mayor disminución en el peso se presentó en las plantas a una concentración de 150 Mm de NaCl. (Figura 4).

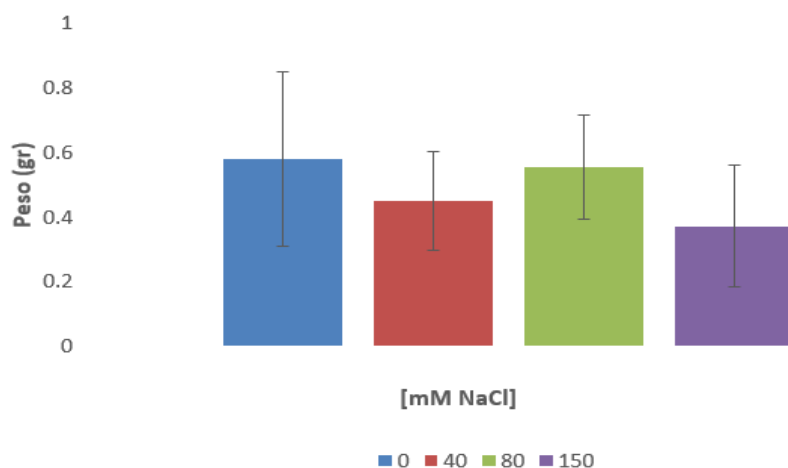


Figura 4. Peso fresco de la parte aérea de plántulas de chile 7 caldos (*C. frutescens*) bajo diferentes concentraciones de NaCl.

Por otro lado, el peso seco no se ve disminuido ya que no existe diferencia significativa entre el testigo y los tratamientos (Figura 5).

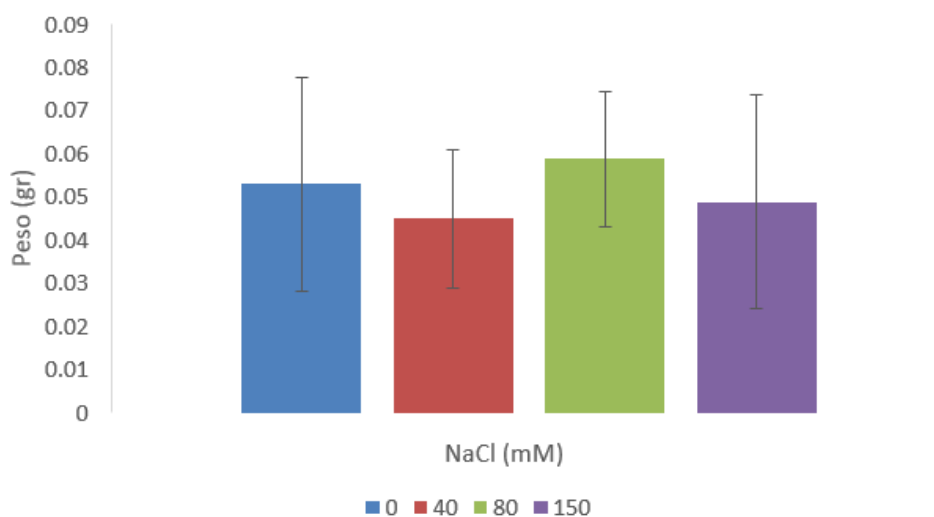


Figura 5. Peso seco de la parte aérea de plántulas de chile 7 caldos (*C. frutescens*) bajo diferentes concentraciones de NaCl

El peso seco indica de forma certera la cantidad de materia que genero la planta durante el desarrollo y nos da una idea general de la cantidad de agua con respecto al peso seco que contiene la planta. Esto sugiere las plántulas de chile 7 caldos tiene una menor capacidad conservar el agua dentro de las células bajo condiciones de estrés osmótico y iónico causado por el NaCl. La raíz, al detectar una reducción en la absorción de agua, a través de la síntesis de ácido abscísico (ABA), es capaz de producir cambios fisiológicos como el cierre de los estomas (Pimienta, 2006). Como consecuencia de esta disminución de la evapotranspiración, se reduce el crecimiento de la planta y la asimilación neta.

Los resultado de peso seco muestran la tendencia a disminuir conforme aumenta la concentración de sal, lo que nos indica la insuficiente captación de CO₂ y luz por los estomas. Los carbohidratos son base de la estructura para el desarrollo y crecimiento de la planta, estas ineficiencias de la planta son consecuencia de una pobre absorción de agua debido al exceso de iones en el medio, provocando una disminución en el potencial hídrico y el cierre de estomas.

En cuanto al sistema radicular, los resultados obtenidos para el peso fresco y seco no mostraron diferencia significativa y se observó un incremento de éstos al aumentar las concentraciones de NaCl; éste comportamiento no se esperaba. (Figura 6 y 7). Éste incremento, aunque no es siganificativo podría indar que los pelos radiculares se extienden para incrementan el contacto. Además de la absorción de agua, esto nos permite concluir que cumple la función básica de absorber el agua y los nutrientes para así poder traslocarlos a las hojas y tallos, por medio de capilaridad y presión radical, para que estas lleven acabo el proceso fotosintético obteniendo así sacarosa que será transformada en ATP (Lira, 2003).

Figura 6. Peso fresco del sistema radicular en presencia de diferentes concentraciones de NaCl.

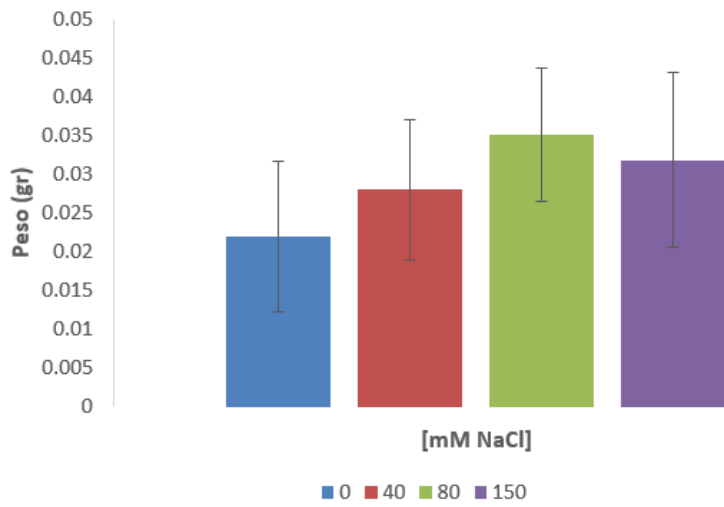
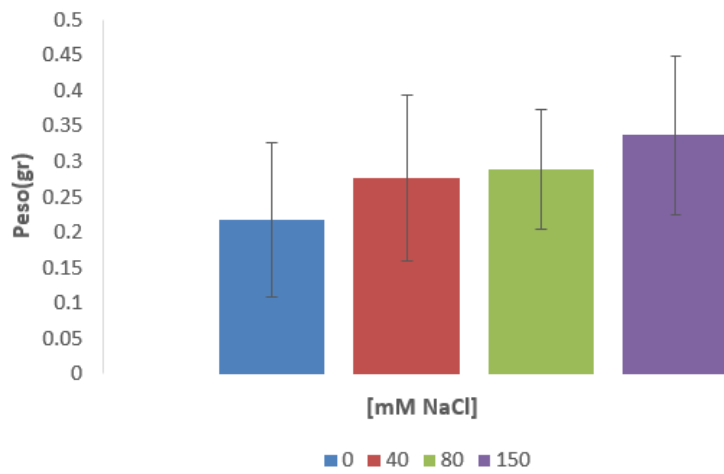


Figura 7. Peso seco del sistema radicular en presencia de diferentes concentraciones de NaCl.

10. CONCLUSIÓN.

C. frutescens (chile 7 caldos) tolera muy bien concentraciones menos a 80 mM de NaCl y es sensible a partir de concentraciones de 150 mM mostrando una reducción en el crecimiento, defoliación, marchitamiento y muerte; ya que su porcentaje de sobrevivencia fue del 16%.

BIBLIOGRAFÍA

- Bravo, H. (1934). Estudio botánico acerca de las Solanáceas mexicanas del género *Capsicum*. *Anales del Instituto de Biología. UNAM*, 5, 303-321.
- Bronwyn, J., Vera-Estrella, R., & Balderas, E. (2007). 8. Bronwyn J. B., R. Vera-Estrella, E. BaldMecanismos de Tolerancia a la salinidad en plantas. *Biotecnología*, 14, 263-272.
- Burdon J.J, J., & Jarosz, A. (1989). Wild relatives as sources of disease resistance. En: Brown A.H.D., Frankel O.H., Marshall D.R. and Williams J. T. Edrs. *The Use of Plant genetic resources.*, pp. 280-296.
- Castellanos, J., Uvalle-Bueno, J., & Aguilar, A. (2000). Memoria en curso sobre interpretación de análisis de Suelos, Aguas Agrícolas, Plantas y ECP.
- D'Arey, W. (1973). Flora of Panama. *Annals of Missouri Botanical Garden*, 60, 573-780.
- Escandón Martínez, M. A. (2011). CRECIMIENTO Y CONTENIDO NUTRIMENTAL EN RAÍZ DE CHILE (*Capsicum annum* L.) CULTIVADO EN UN SUELO SALINO-SÓDICOTRATADO CON YESO Y BIOFERTILIZANTE. *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ, FACULTAD DE AGRONOMÍA*, 11-12.
- Escandon, M. A. (2011). Crecimiento y contenido nutrimental en raíz de chile (*capsicum annum* l.) cultivado en un suelo salino-sódico tratado con yeso y biofertilizante.
- Food and Agricultural Organization. (2005). Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soil.
- Fortanelli, M. (1999). El suelo y los problemas de su uso en el estado de San Luis Potosí. *Acta Científica Potosina*, 14(1), 66-84.
- García, Á. (2012). Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. *IAH* 7, 26.
- Harlan, J. (1976). Genetic resources in wild relatives of crops. *Crop Science*, 16, 329-333.
- Heiser, C. (1964). Los chiles y ajíes de Costa Rica y Ecuador. *Ciencia y Naturaleza*, 7, 50-57.
- Heiser, C., & Smith, P. (1953). The cultivated *Capsicum* peppers. *Economic Botany*, 7, 214- 226.
- HORTALIZAS, P. D. (2006). *MANEJO DE LA SALINIDAD EN LA SOLUCION DEL SUSTRATO*.
- Jenks, M., & Hasegawa, P. (2005). Plant Abiotic Stress. *India. Blackwell Publishing Ltd*, p. 270.
- Jordán, L. A, L. (2009). *Manual de edafología*. Universidad de Sevilla: Departamento decristalografía, mineralogía y química agrícola.
- Knapp, S. (2002). Tobacco to tomatoes: A phylogenetic perspective on fruit diversity in the Solanaceae. *Journal of Experimental Botany*, 53, 2001-2022.
- Larcher, W. (2003). *Physiological plant ecology*. Berlin: 4th ed. SpringerVerlag.
- Lira Saldivar, R. (2003). *Fisiología Vegetal*. Trillas.

- Maas, E., & Hoffman, G. (1977). Crop salt tolerance: Current assessment. *Drainage Div. ASCE*, 103, 115-134.
- Medina-Hernández, D. (2009). *Respuesta comparativa al estrés salino entre Capsicum annuum var. glabriusculum y Capsicum annuum var. annuum: Análisis molecular, fisiológico y morfométrico*. La Paz B.C.S. : Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- Montaño, N., & Monroy, A. (2000). Conservación ecológica de suelos en zonas áridas y semiáridas en México. *Ciencia y Desarrollo*, 154, 26-37.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.
- Nielson, H., & Sarudiansky, R. (2005). *Minerales para la agricultura en latinoamérica*. Capítulo VI pp 427-574.
- Ollat, N., Fermaud, M., Tandonnet, J., & Neveux, M. (1998). Evaluation of an indirect method for leaf area index determination in the vineyard: Combined effects of cultivar, year and training system. *Ollat N., M. Fermaud, J.P., Tandonnet, and M. Neveux. 1998. Evaluation of an indirect method for leaf area Vitis*, 37(2), 73-78.
- Olmstead, R., Sweere, J., Spangler, R., & Boh, L. (1999). Phylogeny and provisional classification of the Solanaceae based on chloroplast DNA. *Solanaceae IV: Advances in Biology and Utilization.*, 111-137.
- Parés, J., Arizaleta, M., Sanabria, M., & Gar, G. (2008). Efecto de los niveles de salinidad sobre la densidad estomática, índice estomático y el grosor foliar en plantas de Carica papaya L. *Acta Bot. Venez.*, 31, 27-34.
- Pickersgill, B. (1969). The Archaeological Record of Chili Peppers (*Capsicum* Spp.) and the Sequence of Plant Domestication in Peru. *Society for American Archaeology*, Vol. 34, Pag. 54-61.
- Pimienta Barrios, E., Muñoz, A., Ramirez, B., & Mendez, L. (2006). *Desarrollo Vegetal*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Porta, J., López-Acevedo, M., & Ponch, R. (2008). Introducción a la edafología. Uso y protección del suelo. Ed. Mundi-Prensa.
- Rengasamy, P. (2002). Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming in Australian sodic soils: an overview. *Australian Journal of Experimental Agriculture.*, 42, 1. Rengasamy Pichu. 2002. Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming 351–361.
- Richards, L. (1974). *Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos*. México: Ed. LIMUSA. Mexico. 172 P.
- ROMERO-ARANDA, R., & SORIA, T. (2001). Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science*, 160, 265-272.
- Salisbury, F., & Ross, C. (1992). *Plant Physiology*. California, U. S. A.
- Stalker, H. (1980). Utilization of wild species for crop improvement. *Advances in agronomy*, vol 30.

- Taiz, L., & Zeiger, E. (1998). *Plant Physiology*. Sinauer Associates. Massachusetts, U. S. A.: Inc. Publishers. Sunderland, ISBN : 0878938311.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology*. Sunderland, MA: 5th ed. Sinauer Associates Publisher.
- Trejo-Téllez, L., & Gómez-Merino, F. (2007). Elementos Benéficos. En *Nutrición de Cultivos* (págs. ISBN 978-968-7462-48-6). México, D. F., México.
- USDA. (1982). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. *Ed. Limusa, México*.
- Villanueva, D., & Hernández, R. A. (2001). Calidad del agua en tres áreas de San Luis Potosí y su efecto en la producción de cultivos. *Folleto técnico, No. 13, 26*.
- Welles, J., & Norman, J. (1991). Instrumental for indirect measurement of canopy architecture. *Agron. J, 83, 818-825*.
- Willadino, L., & Camara, T. (2003). Origen y naturaleza de los ambientes salinos. En M. N. Reigosa, *La ecofisiología vegetal*. (págs. 303-330). Madrid: International Thomson Editores Spain Paraninfo.