

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS Y RECURSOS NATURALES



TRABAJO DE DIPLOMA

TÍTULO:

*Efecto de tres concentraciones de Cloruro de Sodio (NaCl) en variables del crecimiento y desarrollo de semillas de tomate (*Solanum lycopersium* L.), variedad Amalia 95 en condiciones de laboratorio.*

DIPLOMANTE: *Mayra Patricia Nacimba Bonifa*

TUTOR: *Dr. Sergio Rodríguez*

2010-2011

DEDICATORIA.

❖ *A mis padres Fernando Nacimba y Gloria Bonifa gracias a su ejemplo, y constante esfuerzo debo lo que soy.*

❖ *A mis hermanos que para ellos soy un ejemplo a seguir, ya que en esta vida no es nada fácil salir adelante tenemos que esforzarnos y luchar para conseguir lo que queremos y cumplir nuestros sueños y metas.*

❖ *A todos los que conforman mi familia porque con el apoyo de ellos no hubiese podido llegar hasta lo que soy toda una profesional.*

PATRICIA.

AGRADECIMIENTO.

- ❖ *Agradezco primeramente A La Virgencita Del Quinche ya que con su fe me guio hasta donde me encuentro.*
- ❖ *A mis padres Fernando Nacimba y Gloria Bonifa que con su confianza, apoyo, comprensión en cada una de mis metas, me ayudaron a salir a delante, con su enseñanza de que en la vida pase lo que pase hay que ver el presente y me guiaron siempre por el camino del bien, por ellos pude llegar a cumplir tan anhelada meta para desarrollarme como toda una profesional.*
- ❖ *A mis Hermanos/as Jenny, Jonathan, Samanta, Steven, gracias por el apoyo incondicional.*
- ❖ *A Toda Mi Familia Por Toda su ayuda y apoyo desinteresado.*
- ❖ *A mis amigos/as, compañeros/as gracias por su comprensión, por su amistad incondicional, su compañía en los momentos más tristes de mi vida.*
- ❖ *A la universidad de Granma por abrirme sus puertas para realizar este trabajo de diplomado que es necesario para ser una profesional y brindarnos su apoyo diario, como a la vez a nuestra querida Universidad Técnica De Cotopaxi por permitir cumplir mis sueños y metas.*
- ❖ *A mi tutor Sergio Rodríguez que con su esfuerzo, comprensión, dedicación y colaboración desinteresada.*

A todos los que me quieren y me admiran gracias.

PATRICIA.

RESUMEN

Se presenta los resultados de un experimento desarrollado en el laboratorio de Biotecnología Vegetal, de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad De Granma. El mismo se realizo entre los meses de Octubre y Noviembre del 2010. Se seleccionaron semillas de Tomate (*Solanum lycopersicon*, L), variedad Amalia 95. Las semillas fueron sometidas primero a prueba de germinación, arrojando un porcentaje por encima del 98%. Se colocaron 20 semillas en cada Placa petri, sobre papel filtro estéril, una vez colocado las semillas se aplicaron 3 concentraciones de NaCl (2.0, 4.0 y 6.0 ds.m⁻¹) y con un control de 0,0 ds.m⁻¹, para un total de cuatro tratamientos con tres repeticiones en un diseño completamente aleatorizado. A los 30 días se evaluaron las variables, cantidad de semillas germinadas, longitud del tallo y raíces, y la masa fresca. Los resultados arrojaron que se producen afectaciones significativas en las cuatro variables estudiadas, que las concentraciones de NaCl en el sustrato, en valores de hasta 2,0 ds.m⁻¹ no afecta significativamente a las variables de longitud del tallo y del sistema radicular y en concentraciones entre 2,0 – 6,0 ds.m⁻¹ son mayores las afecciones provocados a las variables, cantidad de semillas germinadas, longitud del tallo y raíces y masa fresca.

ABSTRACT

*It presents the results of an experiment developed in the Laboratory of Plant Biotechnology, Faculty of Agricultural Sciences, University of Granma. The same was done between October and November 2010. Tomato seeds were selected (*Solanum Lycopersicum*, L), variety Amalia 95. The seeds were first subjected to germination tests, giving a percentage above 98,0%. 20 seeds were placed in each Petri Plate on sterile filter paper, once placed the seeds were applied 3 concentrations of NaCl (2.0, 4.0 and 6.0 dS.m⁻¹) and a control of 0.0 dS.m⁻¹ , for a total of four treatments with three replicates in a Completely Randomized Design. At 30 days were evaluated variables, number of sprouts, length of stem and roots and fresh weight. The results showed that there are significant affect on the four variables studied, the concentrations of NaCl in the substrate, with values up to 2.0 dS.m⁻¹ does not significantly affect the variables of length of stem and root system and concentrations ranging from 2.0 to 6.0 dS.m⁻¹ are major diseases caused to the variables, number of sprouts, stem length and root fresh mass.*

I. INTRODUCCIÓN

El origen del tomate se localiza en la región andina que se extiende desde el Sur de Colombia al Norte de Chile y desde la costa del Pacífico (incluidas las islas Galápagos) a las estribaciones orientales de los Andes, comprendiendo los países de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995). Sin embargo, parece que fue en México donde se originó el cultivo del tomate, muy probablemente a partir de *L. esculentum* var. *cerasiforme*, único *Lycopersicon* silvestre que crece como mala hierba y que se encuentra fuera del área de distribución del género.

A la llegada de los españoles a América, el tomate estaba integrado en la cultura azteca y en la de otros pueblos del área mesoamericana, existiendo diversidad de tamaños, formas y colores del fruto por lo que se considera que se había formado un centro de diversificación secundario de la especie. El vocablo tomate no se introdujo en la lengua castellana hasta 1532, procedente del náhuatl *tomatl*, aplicado genéricamente para plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa. Para precisar la especie se empleaba un prefijo calificativo, así para *S. lycopersicum* se usaba *xitomatl* (jiltomate) mientras que la especie más apreciada y empleada

por los aztecas, *Physalis philadelphica* Lam., se denominaba *miltomatl*, tomate de milpa o simplemente tomate (López, 2006).

En la actualidad el tomate es un producto básico de la horticultura y tiene gran importancia a escala mundial. En 2005 se cultivaron 4550 miles de hectáreas en todo el mundo, con una producción total de 125015 miles de toneladas (FAO, 2006). Los principales países productores de tomate fueron China y Estados Unidos de América, ocupando España el séptimo lugar a escala mundial y el segundo tras Italia en el ámbito europeo. España se sitúa en tercer lugar según el rendimiento de su producción tras Israel y Estados Unidos y se mantiene como el principal país exportador, dedicando una superficie de cultivo de 70.400 hectáreas y obteniendo una producción total de 4473 miles de toneladas. El principal destino del producto exportado es como producto de consumo en fresco y como tomate procesado (López, 2006).

La salinidad en los suelos es uno de los problemas que aparece cuando el hombre comienza a practicar la agricultura con riego, pues las sales presentes en el agua de riego comienzan a acumularse en su perfil, provocando su degradación y por ende su valor agrícola (Azcón y Talón, 2001).

Este problema es frecuente en varias zonas del mundo, donde la salinidad junto con el estrés hídrico son las mayores dificultades que enfrenta la agricultura, junto con los problemas de drenaje, donde el nivel de presión osmótica de la rizosfera se hace superior, disminuyendo la disponibilidad de agua para las plantas, provocando una mayor presión osmótica que junto con la toxicidad de los iones

sodio (Na^+) y cloruro (Cl^-) dan como resultado un menor rendimiento, que se puede expresar en la rentabilidad económica de los cultivos desarrollados en zonas desérticas (Donoso, 2003).

El estrés salino es el mayor factor limitante de la productividad de los cultivos agrícolas, por lo que profundizar en el estudio de la tolerancia a la salinidad es un objetivo prioritario de la agricultura sostenible. El estrés salino es un complejo estrés abiótico en el que se implica un componente iónico y un componente osmótico (Bueno *et al.*, 2009). La razón para este llamado “salinización secundaria” (opuesto a la salinización primaria de las marismas costeñas saladas) es simple: el agua se evapora pero las sales permanecen y se acumulan en el suelo. El estrés creado por la alta concentración en la solución del suelo es el doble. Primero, muchos de los iones salinos son tóxicos para las células vegetales cuando se presentan a altas concentraciones externas e internas. Típicamente, el cloruro de sodio

constituye la mayoría de las sales. Los iones sodio son tóxicos para la mayoría de las plantas, y algunas plantas son también inhibidas por las altas concentraciones de iones cloro. Segundo, alta concentración de sales representa un déficit de agua o un estrés osmótico porque decrece en el potencial osmótico en la solución del suelo (Jian-Kang, 2007).

PROBLEMA: Afectación del crecimiento y desarrollo del tomate en suelos afectados por sales.

HIPOTESIS

Distintas concentraciones de Cloruro de Sodio (NaCl) en el sustrato de semillas de tomate en condiciones de laboratorio, afecta los procesos de crecimiento y desarrollo.

Objetivo general:

Determinar el efecto de tres concentraciones de Cloruro de Sodio (NaCl) en variables del crecimiento y desarrollo de semillas de tomate (*Solanum lycopersium L.*) variedad Amalia 95, en condiciones de laboratorio.

Objetivos específicos:

1. Evaluar el efecto de las concentraciones de Cloruro de Sodio (NaCl) (2,0; 4,0 y 6,0 ds.m⁻¹) en variables del crecimiento y desarrollo (germinación, longitud del tallo y raíces y masa fresca) de semillas de tomate, variedad Amalia 95, a los 30 días después de colocadas, en condiciones de laboratorio.
2. Determinar para cada variable, en la variedad objeto de estudio, los niveles de concentración de NaCl críticos.

I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Taxonomía del tomate

La primera descripción botánica del tomate la realizó Pier Andrea Mattioli, del jardín botánico de Padua (Italia), quien publicó su herbario en 1554. Desde entonces aparece descrito en numerosos herbarios como el de Matthias de L'Obel en 1581, el de Gerard en Inglaterra en 1597 o el de Salmon en Estados Unidos, ya en 1710. El tomate pertenece a un género *Solanum* L., el cual, en cuanto a número de especies, es relativamente importante dentro de la familia en la que se encuadra, las *Solanaceae*. Esta familia se divide, atendiendo a características morfológicas del embrión, en dos subfamilias: la *Cestroïdae* y la *Solanoïdae*. El carácter más importante de la subfamilia *Solanoïdae*, es que todos sus miembros poseen una gran uniformidad en el número cromosómico ($2n=24$). Dentro de la subfamilia *Solanoïdae* se agrupan dos géneros que se diferencian entre sí por la presencia de expansiones apicales estériles en las anteras en *Lycopersicon*, que están ausentes en *Solanum* (Taylor, 1986, citado por López, 2006).

Otra característica diferenciadora es el mecanismo de dehiscencia anteridial, presentando *Lycopersicon* dehiscencia tipo longitudinal mientras que en

Solanum la apertura de las anteras es mediante poros apicales (Rick, 1979, citado por López, 2006).

No obstante, estudios posteriores han determinado que la dehiscencia en *Lycopersicon* comienza por poros apicales que derivan rápidamente en surcos longitudinales (Bonner y Dickinson, 1989).

La taxonomía generalmente aceptada es: Clase *Dicotyledoneas*, Orden *Solanales* (*Personateae*), Familia *Solanaceae* y Subfamilia *Solanoideae*. La situación taxonómica del tomate entre las *Solanáceas* ha resultado siempre clara, no así su ubicación genérica. Así, Caspar Bauhin (1623) en su *Pinax* reconoce la existencia de un grupo de plantas que incluyen los actuales géneros *Solanum*, *Atropa* L., *Physalis* L. y otros. En 1700, Tournefort establece siete géneros colocando los de fruto blando en un grupo diferenciado. Este autor reconoció *Lycopersicon* como distinto de *Solanum*. Linneo, en contra de la práctica común en su época y apoyándose en el *Pinax*, incluyó *Lycopersicon* dentro del género *Solanum*, denominando al tomate *Solanum lycopersicum*.

Durante mucho tiempo se ha aceptado *Lycopersicon*, tal y como lo definió Miller en 1754, reconociéndose un total de nueve especies (López, 2006).

Recientemente, ha sido propuesto un cambio en la nomenclatura del género *Lycopersicon* por la cual *Lycopersicon esculentum* Mill. pasa a denominarse *Solanum lycopersium* L., (Peralta *et al.*, 2005),

1.2 Descripción botánica de la especie

El tomate cultivado, *Solanum lycopersicum* L., es una planta autógama, muy ramificada, rastrera y perenne, aunque se cultiva como anual. La raíz es pivotante pero tiende a ser fasciculada cuando la planta proviene de transplante. Todas las partes vegetativas aéreas, junto con los pedúnculos, pedicelos y cálices florales son densamente pubescentes y glandulares, lo que da a la planta su olor característico. Los tallos son gruesos y angulosos, de color verde, con nodos compuestos de dos o, más comúnmente, tres hojas y una inflorescencia. En la axila de cada hoja aparece un tallo secundario (Domínguez, 2000).

Según el tipo de crecimiento, las plantas pueden ser determinadas o indeterminadas. En las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, carácter silvestre de la especie, hay un crecimiento nodal continuo a partir de que aparece la primera inflorescencia, entre la séptima y décima hoja verdadera. Las plantas determinadas se caracterizan porque la primera

inflorescencia aparece relativamente pronto, hay tendencia a que existan no más de dos hojas nodales entre racimos y el tallo principal termina en una inflorescencia. Las hojas son anchas, planas y pinnatisectas, con 7-11 foliolos. Las inflorescencias, de tipo racimo o cima, tienen un número de flores variable, generalmente de 7 a 12 (Domínguez, 2000).

Las flores son hermafroditas, perfectas, hipoginas y regulares. Las inflorescencias pueden estar divididas o ser indivisas. Los pedicelos poseen articulación funcional que actúa como zona de abscisión. El cáliz tiene cinco ó más sépalos lanceolados y fusionados en la base. La corola está formada por cinco o más pétalos de color amarillo, lanceolado y fusionado en la base. Los sépalos son más pequeños que los pétalos aunque, al ser el cáliz acrescente, alcanzan un mayor tamaño con el desarrollo del fruto. Los estambres, cinco o rara vez seis, están fusionados a la corola por sus filamentos.

Poseen anteras largas de color amarillo, conniventes, que forman un tubo en forma de botella en cuyo interior queda encerrado el estilo. Cada antera posee una extensión apical generalmente también fusionadas entre ellas. El pistilo está formado por un ovario compuesto (Domínguez, 2000).

El fruto es una baya, generalmente de color rojo, bi- o multiloculada, con una gruesa placenta en la que se encuentran numerosas semillas recubiertas de una sustancia mucilaginosa. Están descritas una gran diversidad de formas y tamaños de frutos (Domínguez, 2000).

1.3 Salinidad del agua y efectos que provoca en áreas cultivadas

Los problemas por salinidad aparecen cuando se concentran sales solubles procedentes del regadío en suelos productivos, proceso que se denomina salinización secundaria. Este fenómeno afecta a la Humanidad desde el inicio de la Agricultura, y existen registros históricos de migraciones provocadas por la salinización del suelo cultivable. La actividad antrópica ha incrementado la extensión de áreas salinizadas al ampliarse las zonas de regadío con el desarrollo de grandes proyectos hidrológicos, que han provocado cambios en el balance de agua y sales de los sistemas hidrogeológicos. La proporción de suelos afectados por salinidad se cifra en un 10% del total mundial, y se estima que entre 25 y 50 % de las zonas de regadío están salinizadas (Rhoades *et al.*, 1992). Los problemas de anegamiento y salinización secundaria son importantes en las zonas de regadío por uso de agua en exceso, ya sea por sistemas de riego poco eficientes, sistemas de distribución defectuosos o malas prácticas de riego. Con frecuencia, menos del 60% del agua aplicada se emplea en

transpiración del cultivo (Jensen *et al.*, 1990). El incremento paulatino de la salinidad del suelo o la necesidad de emplear aguas de riego con una concentración de sales superior a la aconsejada limita el potencial de producción de los cultivos, en su mayoría especies glicófitas seleccionadas por su rápida tasa de crecimiento y alto rendimiento (Maas, 1986). Además de la limitación en la disponibilidad de agua, la salinidad afecta las propiedades estructurales y físico-químicas del suelo, que pueden imponer un estrés adicional al crecimiento de los cultivos (Evangelou, 1994).

La salinidad del agua empleada para regadío es un problema presente en gran parte de las áreas de cultivo de todo el mundo; un gran esfuerzo ha sido desarrollado para entender los aspectos fisiológicos relacionados con la tolerancia a la salinidad en plantas, como base para la selección y desarrollo de genotipos tolerantes a la salinidad (Cuartero *et al.*, 2006).

Actualmente se vienen aplicando técnicas culturales en el cultivo del tomate para paliar los efectos dañinos de la salinidad, tales como el tratamiento en los semilleros con sal o la reducción del agua para favorecer la posterior adaptación de las plantas adultas a la salinidad; la aplicación de nebulización sobre las plantas para mejorar el crecimiento vegetativo y la producción en condiciones salinas y la práctica de injertos (Cuartero *et al.*, 2006).

En muchas áreas del mundo dedicadas a la agricultura la obtención de buenos rendimientos, el planeta están afectadas por sales, de estas 397 millones lo son por problemas de salinidad y 434 millones por condiciones asociadas a modicidad (Munns, 2005; FAO, 2000). Varias son las causas vinculadas a estos procesos de salinización, entre las cuales es posible citar un excesivo empleo de fertilizantes, uso de agua de mala calidad por el exceso de sales, mal drenaje y tala de vegetación arbórea (Tanwar, 2003).

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cuando se cultiva en suelos salinos no se encuentra ajeno a una disminución de los rendimientos, puesto que es una especie glicófita, medianamente sensible a las sales y que presenta un umbral respecto al contenido total de sales, cuantificadas en el extracto de saturación del suelo y expresadas como conductividad eléctrica (CEs) de 2,5 dS/m (Chinnusamy *et al.*, 2005). A nivel mundial, es una hortaliza importante; el año 2002 se produjeron en el mundo 120.684.961,8 toneladas (USDA, 2003).

1.4 Efecto de la salinidad en la fisiología de la planta

La salinidad en el sustrato o en agua de riego restringe la disponibilidad de agua a las plantas de forma similar al estrés hídrico, causando una reducción en la tasa de crecimiento del fruto e incluso en la producción (Munns, 2002) y

alterando las relaciones hídricas de la planta (Romero-Aranda *et al.*, 2001). Niveles altos de salinidad disminuyen el potencial hídrico de la planta, la cual reduce el flujo de agua hacia el fruto y la tasa de expansión del mismo (Johnson *et al.*, 1992). Sin embargo, esta reducción en la toma de agua está contrarrestada por una reducción en la tasa de transpiración y ajuste del potencial osmótico (Krauss *et al.*, 2006). La firmeza del fruto parece incrementar con la salinidad (Auerswald *et al.*, 1999), aunque esto depende también del cultivar.

El efecto de la sal puede verse agravado por las condiciones ambientales. La aplicación de agua salina durante el día o en cultivo de primavera o verano causa reducciones más serias en la producción que durante la noche o en cultivo de otoño (Li *et al.*, 2001) dado que altos niveles de temperatura y radiación y bajos niveles de humedad relativa en época de verano disminuyen el potencial hídrico de la planta induciendo una transpiración más rápida (Johnson *et al.*, 1992). Por otro lado, el cultivo de las plantas a bajas temperaturas y alta humedad relativa implica un déficit de agua más bajo que en condiciones de verano y los efectos dañinos de la sal son moderados (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999).

El transporte de agua vía floema supone normalmente un 80% del total del transporte de agua, y en condiciones de estrés salino hasta el 90%. La

concentración de compuestos orgánicos en floema incrementa un 40% en condiciones salinas. La tasa de iones transportados por el xilema incrementa con la salinidad de forma significativa, pero su contribución al ajuste osmótico del fruto es menor (Plaut *et al.*, 2004).

La reducción de la toma de agua por la planta bajo condiciones salinas podría estar relacionada con una reducción en parámetros morfológicos y/o fisiológicos tales como el área foliar, la densidad estomática y el cierre estomático (Romero-Aranda *et al.*, 2001). Por otro lado se sabe que el peso seco (Saranga *et al.*, 1993) y la producción de fruto (Bolarín y col., 1991) de tomate se reducen en proporción al incremento de salinidad en la solución de riego. Algunos autores apuntan por tanto que el peso seco de la parte vegetativa de la planta sería un buen indicador de la toma de agua por parte de la planta en condiciones salinas (Reina-Sánchez *et al.*, 2005).

Sabiendo por tanto que la toma de agua por parte de las plantas de tomate disminuye según incrementa la concentración de sal en el agua de riego, un ajuste en la conductividad eléctrica de la solución nutritiva permitiría a los productores de tomate bajo invernadero modificar la disponibilidad de agua, abriendo la posibilidad de ahorrar agua y reducir la carga de sal en el sustrato (Soria y Cuartero, 1997).

El exceso de sal que contienen aquellas plantas de tomate que han sido cultivadas en suelo salino o bien mediante aguas salinas, se refleja en estos por las muchas y variadas anomalías que generan en las propias plantas, como son:

- Sistema radicular menor.
- Hojas adultas abarquilladas y crasas.
- Hojas jóvenes más pequeñas, de colores verdes más intensos y enrollados sobre sí mismas.
- Racimos con menor número de flores.
- Frutos más pequeños.

1.5 Tolerancia a la salinidad

En las zonas afectadas por salinidad, la principal solución ha sido la sustitución de cultivos sensibles por otros más tolerantes. Las técnicas de lavado de suelos han reducido el problema en algunos países, pero los costes de esta tecnología no están siempre al alcance de otros, por lo que se ha recurrido al empleo de cultivos con mayor tolerancia, como remolacha azucarera, cebada, algodón, etc., para reemplazar cultivos tradicionales (Shannon, 1997). Sin embargo, esta opción puede no tener interés por problemas de mercado, particularidades climáticas o necesidades

nutricionales de la población, por lo que resulta más importante disponer de variedades tolerantes en los principales cultivos (arroz, trigo, soja, hortalizas, etc.). Esta necesidad es aún mayor cuando la calidad del agua de riego es menor, por las prioridades establecidas (consumo humano y actividad industrial) en casos de sequía (Leidi y Pardo, 2002).

La capacidad de acumulación de Na^+ en las hojas y de extrusión en la raíz es uno de los factores que marca la diferencia en cuanto a la tolerancia a salinidad entre distintos cultivares (An *et al.*, 2005). Tanto el agua como los nutrientes son esenciales para el crecimiento, mientras que la alta concentración de Na^+ es tóxica. Algunos autores plantean que la tolerancia a la salinidad podría estar relacionada con la capacidad de absorber agua y nutrientes rechazando el Na^+ (Cuartero y Fernández- Muñoz, 1999). Las plantas de tomate absorben solo una pequeña proporción de Na^+ de la solución nutritiva, que parece ser independiente de la concentración en la que se encuentre en la solución. Las diferencias en cuanto a la tolerancia a la salinidad se manifiestan tanto a nivel de especies como entre distintos cultivares, dentro de una misma especie (Reina-Sánchez *et al.*, 2005). La tolerancia de la planta depende también del estadio de desarrollo de la planta, por lo que para caracterizar la tolerancia deberían ser fenotipadas a distintas concentraciones de salinidad y en el estadio más sensible (Cuartero *et al.*, 2006).

El interés por mejorar la tolerancia de los cultivos a la salinidad ha ido creciendo en los últimos años, empleando métodos de mejora y selección tradicionales o producción de organismos modificados genéticamente. La incorporación de genes procedentes de parentales silvestres tolerantes, la domesticación de plantas halófilas silvestres, y la identificación de caracteres relacionados con tolerancia empleando marcadores moleculares (Shannon, 1997; Yeo, 1998), o bien la incorporación de genes cuya expresión modifica mecanismos bioquímicos y fisiológicos involucrados en la tolerancia (Yeo, 1998; Hasegawa *et al.*, 2000).

Para conseguir la adaptación a las condiciones salinas, se deben activar múltiples mecanismos: debe aumentarse la capacidad de obtener y/o retener agua, y debe restituirse la homeostasis iónica. Estos mecanismos de adaptación se reflejan macroscópicamente como un menor crecimiento, modificación de la relación parte aérea/raíz, limitación de la expansión foliar, y son consecuencia de cambios bioquímicos (síntesis de ácido abscísico y solutos osmoprotectores) y fisiológicos (alteración de la permeabilidad de las membranas a los iones y al agua, cierre estomático, disminución de transpiración y fotosíntesis, etc.). Esta respuesta adaptativa está gobernada por señales moleculares que regulan la relación con el medio externo (por ejemplo, cambios en la actividad de canales y transportadores de membranas) y por la activación y transcripción de genes entre cuyos efectos

está la modificación de rutas biosintéticas que resultan en ajuste osmótico y la protección de las estructuras celulares (Leidi y Pardo, 2002).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el Laboratorio del Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal, de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Granma, Cuba.

2. 1 Variedad de tomate utilizada

Amalia 95

2. 2 Prueba de viabilidad de las semillas de tomate

Para el ensayo de germinación propiamente dicho, las semillas fueron desinfectadas con lejía (1,5%) por 5 minutos y se enjuagaron 3 veces con agua destilada estéril para eliminar residuos del desinfectante. A este grupo de semillas se les sometió a pruebas de germinación que se hizo en Placas Petri estériles. En su interior se colocó papel de filtro estéril humedecido. Los resultados de la prueba de viabilidad arrojaron un 98,0% de semillas viables para la variedad Amalia 95.

2.3 Montaje del experimento de salinidad

En cada Placa Petri previamente esterilizada, en cuyo interior se colocó papel de filtro estéril, fueron depositadas 20 semillas de tomate variedad Amalia 95.

2.4 Tratamientos

1. Control sin concentraciones de NaCl
2. Aplicación de NaCl a una concentración de $2,0 \text{ ds.m}^{-1}$
3. Aplicación de NaCl a una concentración de $4,0 \text{ ds.m}^{-1}$
4. Aplicación de NaCl a una concentración de $6,0 \text{ ds.m}^{-1}$

Las distintas concentraciones de NaCl se midieron con un Conductímetro de Rango Múltiple HI 9033, fabricado por la firma *HANNA INSTRUMENTS* (Anexo 1).

Cada Placa Petri se mantuvo con la humedad necesaria para el normal crecimiento y desarrollo. Por otro lado, cada tratamiento se replicó tres veces. El diseño experimental empleado fue completamente aleatorizado. La fecha de inicio del experimento fue el nueve de octubre de 2010 y culminó el nueve de noviembre del mismo año (Anexo 2 y 3).

2.5 Variables evaluadas

- a. Cantidad de semillas germinadas a los 30 días de colocadas las semillas.
- b. Longitud del tallo (cm), medido con una regla graduada en cm, desde la inserción del sistema radical hasta la terminación de la parte aérea de la plántula.
- c. Longitud de las raíces (cm), medido con una regla graduada en cm, desde la inserción del sistema radical hasta la terminación del sistema radical de la plántula.
- d. Masa fresca (g): Para esta variable se pesó en una balanza digital las plántulas de cada Placa Petri, previa eliminación con papel de filtro, del agua externa de las plántulas.

2.6 Análisis de varianza

Para descomponer la variabilidad total en la muestra experimental, a través de un ensayo completamente aleatorizado, se realizó análisis de varianza de clasificación simple por efectos fijos, asumiendo a las cuatro concentraciones de NaCl como tratamientos, para cada una de las variables evaluadas.

Para la comparación múltiple de medias se utilizó la prueba de Tukey, con Alfa = 0,05. Se muestran en gráficos de barras, las medias de cada una de las concentraciones de NaCl aplicada, con sus respectivos errores estándar,

cuyas unidades de medida coinciden con sus variables correspondientes.

Para el procesamiento automatizado de los datos se empleó el paquete estadístico SPSS (2001) versión 11.0 para Windows.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura (1). Se demostró para la variedad de tomate Amalia 95, que existe diferencia significativa entre los cuatro tratamientos empleados. La mayor cantidad de semillas germinadas se alcanzó en el tratamiento control, ausente de concentraciones de NaCl. Se observó que a medida que se incrementan las concentraciones de NaCl en el medio disminuye drásticamente la cantidad de semillas germinadas. Las menores germinaciones se alcanzaron cuando la concentración de NaCl alcanzó niveles de 6,0 ds.m⁻¹.

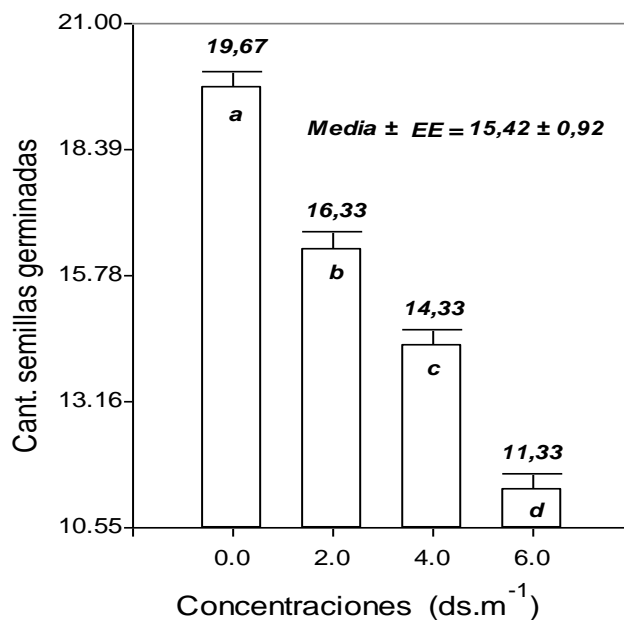


Figura 1: Resultados de las medias de la cantidad de semillas germinadas en base a veinte semillas de la variedad de tomate Amalia 95, después de 30 días de colocadas en un medio de NaCl en placas Petri en tres concentraciones de NaCl

(2,0; 4,0 y 6,0 ds.m⁻¹); la concentración de 0,0 ds.m⁻¹, se escogió como testigo. Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas para el 0,05% de probabilidad empleando Tukey.

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 (Goykovic y Saavedra, 2007). El tiempo en que tardan en germinar también se prolonga (El-Habbasha *et al.* 1996; Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999).

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 (Jones, 1986).

Estudios en los cuales trataron semillas de diversos cultivares de *L. esculentum* a concentraciones crecientes de NaCl, demostraron que el porcentaje de germinación disminuye con el aumento de la salinidad, y a la vez se prolonga el período de germinación (Cuartero y Fernández-Muñoz,

1999; El-Habbasha *et al.*, 1996). Por ejemplo, se determinó que el cultivar Edkawi tolerante, presentaba una germinación del 90% a 85,5 mM de NaCl y esta disminuía al 71,6% cuando el NaCl se incrementaba a 171 mM. A una concentración de 128,2 mM de NaCl aumentó el número de días requeridos para la germinación, en porcentajes que variaron entre 23 y 23,9%, dependiendo de los cultivares, en comparación con los controles (El-Habbasha *et al.* 1996).

Otros estudios indican que las semillas de tomate requieren de un 50% de días adicionales para germinar cuando están en un medio con 80 mM de NaCl en comparación con un medio sin sal, y necesitan casi el doble de días si se encuentran sometidas a 190 mM NaCl (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999).

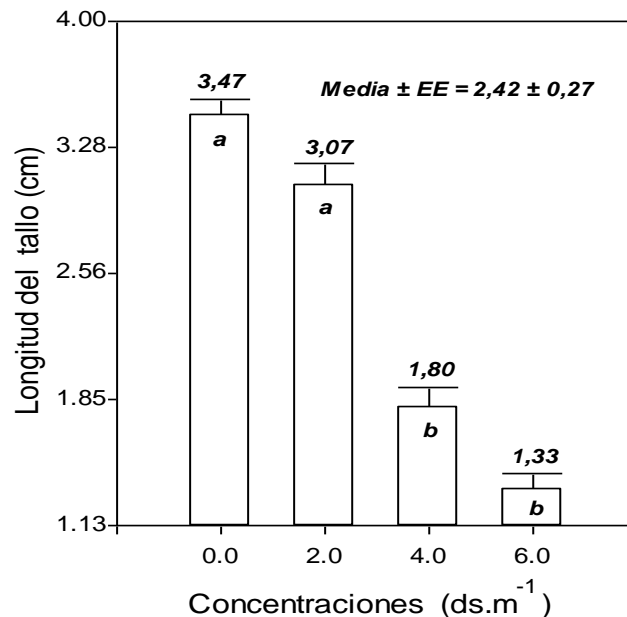


Figura 2: Resultados de las medias de la longitud del tallo (cm), de la variedad Amalia 95, a los 30 días de colocadas en un medio de NaCl en placas Petri en tres concentraciones de NaCl (2,0; 4,0 y 6,0 ds.m⁻¹); la concentración de 0,0 ds.m⁻¹, se escogió como testigo. Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas para el 0,05% de probabilidad empleando Tukey.

Para la variable longitud de los tallos (Fig. 2), se encontró diferencias significativas con relación a las distintas concentraciones de NaCl empleadas. Los tallos de la variedad de tomate Amalia 95 que alcanzaron la mayor longitud, correspondieron al tratamiento control y al tratamiento donde las concentraciones de NaCl fueron de 2,0 ds.m⁻¹, no existiendo diferencias significativas entre ellos, superando significativamente a los tratamientos con las concentraciones de 4,0 y 6,0 ds.m⁻¹, que provocaron una drástica afectación en el crecimiento de los tallos. Para la longitud de los tallos entre las concentraciones de 4,0 y 6,0 ds.m⁻¹ de NaCl, no se encontraron diferencias significativas.

La parte aérea de las plantas de tomates igualmente es afectada por la salinidad: las plantas alcanzan una menor altura, al parecer debido a que las hojas se presentan en menor número y a la vez manifiestan una disminución en su densidad estomática en la cara adaxial (Romero *et al.*, 2001), presentan clorosis y necrosis principalmente en los bordes de las hojas. El área foliar también disminuye (Romero *et al.*, 2001; Al-Karaki, 2000).

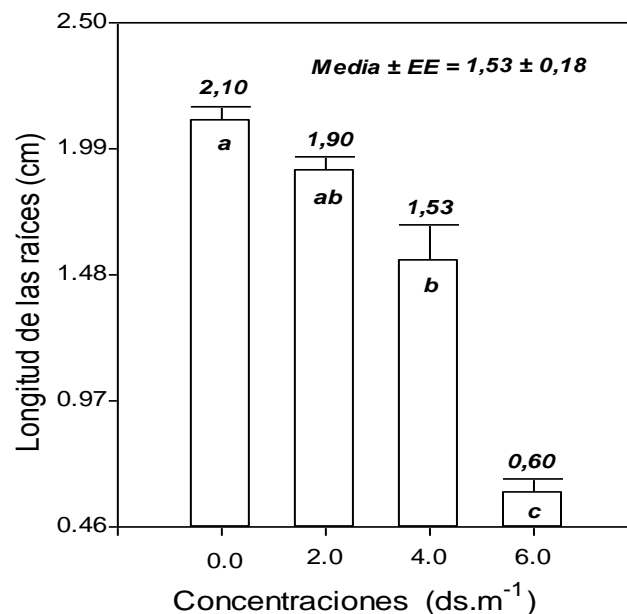


Figura 3: Resultados de las medias de la longitud de las raíces (cm), de la variedad Amalia 95, a los 30 días de colocadas en un medio de NaCl en placas Petri en tres concentraciones de NaCl (2,0; 4,0 y 6,0 ds.m⁻¹); la concentración de 0,0 ds.m⁻¹, se escogió como testigo. Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas para el 0,05% de probabilidad empleando Tukey.

La longitud de las raíces (cm), al igual que la longitud de los tallos, se vio afectada a medida que se incrementa la concentración de NaCl en el medio, dada por la diferencia significativa encontrada para esta variable con relación a los distintos tratamientos. Las raíces con mayor longitud se encontraron en el medio ausente de sales de NaCl y cuando la concentración alcanzó los 2,0 ds.m⁻¹, al parecer este nivel de NaCl no produce afectaciones significativas en esta variable. Por otro lado, aunque significativamente superior la

concentración de 2,0 ds.m⁻¹; se comportaron significativamente parecidas a la de 4,0 ds.m⁻¹. Las plantas con el sistema radical menos extenso se encontraron en las concentraciones de 6,0 ds.m⁻¹.

Investigaciones en las cuales se examinó el efecto del NaCl sobre las raíces de los cultivares de *L. esculentum*: Sera, 898, y Rohaba se determinó que el aumento de la concentración de sal afectaba adversamente el crecimiento de las raíces, cuantificado como materia seca (Al-Karaki, 2000). Semejantes resultados se obtuvieron al tratar el cv de tomate (*L. esculentum*) [P73] susceptible a la salinidad y la accesión silvestre de *L. pennellii* [PE47] con NaCl, en ambos el desarrollo de las raíces se redujo pero fue más acentuado en P73 (Abrisqueta-JM *et al.*, 1991).

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 (Shannon y Grieve, 1999).

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 (Yokoi *et al.*, 2002).

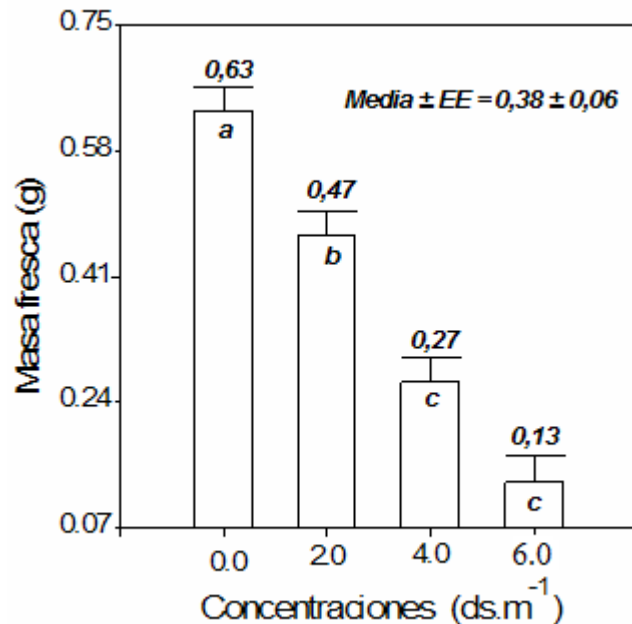


Figura 4: Resultados de las medias de la masa fresca (g), de la variedad Amalia 95, a los 30 días de colocadas en un medio de NaCl en placas Petri en tres concentraciones de NaCl (2,0; 4,0 y 6,0 ds.m⁻¹); la concentración de 0,0 ds.m⁻¹, se escogió como testigo. Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas para el 0,05% de probabilidad empleando Tukey.

Para la masa fresca (g), se encontró diferencias significativas en los cuatro tratamientos empleados (Fig. 4). La menor masa fresca se encontró cuando las concentraciones de NaCl fueron de 4,0 y 6,0 ds.m⁻¹, respectivamente, entre ambos tratamientos, no encontrando diferencias significativas, evidenciando que concentraciones de NaCl cercanas a 6,0 ds.m⁻¹, provocan afectaciones en la masa fresca, influenciado por una disminución de la germinación y de longitud de tallos y raíces (Anexo 4).

En igual medida concentraciones de NaCl de 2,0 ds.m⁻¹, afectan de manera significativa la acumulación de masa fresca en plantas de tomate, variedad

Amalia 95 a los 30 días de germinadas, significativamente inferior al tratamiento control, en ausencia de NaCl.

La disminución de la masa fresca pudo haber estado causada por una disminución en la adsorción de agua por las raíces causada por la salinidad (Shannon y Grieve, 1999) y paralelamente a los efectos que provoca este fenómeno en la densidad estomática, que al igual que la conductancia estomática son también afectadas por la salinidad, con reducción de la transpiración. Concentraciones de 35 mM NaCl reducen significativamente la densidad estomática y la conductancia estomática en los cultivares Daniela y Moneymarker, situaciones que pueden llevar a una reducción en la absorción de agua por las plantas (Romero-Aranda *et al.*, 2001).

En igual medida la producción de masa fresca, puede verse afectada por la disminución que la salinidad produce en el área foliar de las plantas de tomate, que conlleva a una reducción de los procesos fotosintéticos de la planta. Investigaciones sobre esta variable en los cultivares Daniela y Moneymarker señalan que el área foliar se reduce en términos significativos en ambos cultivares al exponerlos a 35 mM NaCl.

La disminución alcanzó un 12,3% en el cv Daniela y un 18,5% en Moneymarker. A 70 mM NaCl la reducción del área foliar en ambos cultivares

también fue significativamente mayor, alcanzando un 16% en el cv Daniela y un 33% en el cv Moneymarker. Por las diferencias detectadas en este último cv sugerirían su mayor sensibilidad a salinidad (Romero-Aranda *et al.*, 2001).

Uno de los efectos más evidentes del estrés salino es la reducción en la capacidad de absorción de agua, que se puede manifestar como los efectos del estrés hídrico: reducción de expansión foliar y pérdida de turgencia. Una célula vegetal expuesta a un medio salino equilibra su potencial hídrico perdiendo agua, lo que produce la disminución del potencial osmótico y de turgencia. Esta situación genera señales químicas (aumento del Ca^{2+} libre intracelular, síntesis de ABA, etc.) que desencadenan posteriores respuestas adaptativas (Hasegawa *et al.*, 2000). Durante el proceso de ajuste se produce la acumulación de solutos orgánicos e inorgánicos que reducen el potencial osmótico celular (Wyn Jones y Gorham, 1983), y la reducción en la conductividad hidráulica de las membranas, posiblemente por disminución del número o apertura de los canales de agua (acuaporinas) (Carvajal *et al.*, 1999).

Los cambios macroscópicos que se observan bajo condiciones de salinidad, como reducción del área foliar y de la relación parte aérea/raíz, entre otros cambios también reflejan el ajuste necesario para recuperar el balance hídrico.

Por la importancia de los flujos hídricos en los procesos de ajuste osmótico celular, la actividad de las acuaporinas debe jugar un papel clave entre los mecanismos de adaptación al estrés (Maurel y Chrispeels, 2001).

El cultivo del tomate en áreas con problemas de salinidad provoca en las plantas un sinnúmero de efectos fisiológicos, morfológicos y bioquímicos, tales como disminución de la fotosíntesis (Singh y Chatrath, 2001), un menor peso de los frutos (Pérez-Alfocea *et al.*, 1996) y cambios cuantitativos y cualitativos en la síntesis de proteínas por cambios en la expresión de genes a causa de la salinidad, entre otros (Singh y Chatrath, 2001).

La salinidad afecta el crecimiento y producción de los cultivos al reducir el potencial hídrico de la solución del suelo, disminuyendo así la disponibilidad de agua, y al crear un desequilibrio nutritivo dada la elevada concentración de elementos (Na^+ , Cl^-) que pueden interferir con la nutrición mineral y el metabolismo celular. En consecuencia, los diversos efectos observados a distinta escala, desde reducción de turgencia y crecimiento hasta la pérdida de la estructura celular por desorganización de membranas e inhibición de la actividad enzimática, son el producto combinado de estrés hídrico, toxicidad iónica y desequilibrio nutricional (Leidi y Pardo, 2002).

CONCLUSIONES

1. Concentraciones de NaCl en el sustrato, en el rango de en semillas de la variedad Amalia 95, en condiciones de laboratorio a los 30 días producen afectaciones significativas en las variables cantidad de semillas germinadas, longitud del tallo y del sistema radical y en la masa fresca.
2. Concentraciones de NaCl en el sustrato, con valores de hasta $2,0 \text{ ds.m}^{-1}$, no afectan significativamente a las variables longitud del tallo y del sistema radical.
3. A medida que se incrementa la concentración de NaCl en el sustrato con semillas de tomate, variedad Amalia, en el rango de $2,0 - 6,0 \text{ ds.m}^{-1}$, mayor son las afectaciones causadas a las variables cantidad de semillas germinadas, longitud del tallo y del sistema radical y en la masa fresca.

RECOMENDACIONES.

1. Realizar este mismo experimento con distintas concentraciones de (NaCl) en Tomate en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad de Granma.
2. Realizar este mismo experimento con otras variedades de tomate.
3. Teniendo en cuenta este tipo de experimento recomendamos ampliar este tema con la siembra de semillas de Tomate Amalia 95 u otras variedades, en tierra para comparar los efectos que ocasionan las concentraciones de Cloruro de Sodio (NaCl).

BIBLIOGRAFÍA

1. Abrisqueta, J.; A. Hernán; J. Alarcón y M. Lozano. 1991. *Root growth dynamics of two tomato genotypes under saline conditions. Suelo-y-Planta*. 1(3): 351-361.
2. Al-Karaki, G. N. 2000. *Growth, sodium, and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. J-plant-nutr. Monticello, N.Y. Marcel Dekker Inc.* 23 (3): 369-379.
3. An, P.; S. Iananaga; A. Lux; X. Li; A. Eneji y N. Zhu. 2005. *Interactive effects of salinity and relative humidity on two tomato cultivars differing in salt tolerance. Journal of plant nutrition* 28: 459-473.
4. Auerswald, H.; D. Schwarz; C. Kornelson; A. Krumbein y B. Bruckner. 1999. *Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. Scientia Horticulturae* 82: 227-242.
5. Azcón J. y M. Talón. 2001. *Fundamentos de la Fisiología Vegetal*. Edicions Universitat de Barcelona, 522 pp.
 - a. 37.
6. Bonner, L. y H. Dickinson. 1989. *Anther dehiscence in Lycopersicon esculentum. I. Structural aspects. New Phytologist* 113:97-115.
7. Bueno M.; J. Calero; M. Lendínez y M. Cordovilla. 2009. Efecto de la salinidad sobre la germinación de semillas de *Atriplex prostrata* y *Plantago coronopus*: producción de etileno y contenido en poliaminas. En: XVIII Reunión Soc Española de Fisiol Veg; p.174.
8. Carvajal, M.; V. Martínez y C. Alcaraz. 1999. *Physiological function of water channels as affected by salinity in roots of paprika pepper. Physiologia Plantarum*, 105: 95-101.
9. Cuartero, J. y R. Fernández. 1999. *Tomato and salinity. Scientia Horticulture*.78: 83-125.
10. Cuartero, J.; María del Carmen Bolarin; M. Asins y V. Moreno. 2006. *Increasing salt tolerance in the tomato. Journal of Experimental Botany* 57: 1045-1058.
11. Chinnusamy, V; A. Jagendorf y J. Zhuan. 2005. *Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Science*. 45: 437-448.
12. Donoso, P. 2003. Evaluación y selección de clones de Camote *Ipomoea batatas* (L), bajo estrés de salinidad y toxicidad de boro en los Valles de Azapa y Lluta. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Tarapacá. Arica, Chile, 20 pp.
13. Esquinas, J. y F. Nuez. 1995. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. En: *El cultivo del tomate*, pp 11-42. Nuez F. ed. Mundi-Prensa. Madrid.

14. El-Habbasha, K.; A. Shaheen y F. Rizk. 1996. *Germination of some tomato cultivars as affected by salinity stress condition. Egyptian-Journal-of-Horticulture*. 23 (2): 179-190.
15. FAO. 2000. *Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. Rome, Italy: FAO Land and Plant Nutrition Management*.
16. Goykovic, V. y G. Saavedra. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo Volumen 25, N° 3, Páginas 47-58 IDESIA (Chile) Septiembre - Diciembre.
17. Hasegawa, P.; R. Bressan; J. Zhu y H. Bohnert. 2000. *Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51: 463-499.
18. Hasegawa, P.; R. Bressan; J. Zhu y H. Bohnert. 2000. *Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51: 463-499.
19. Jones, R. A. 1986. *High salt tolerance potential in Lycopersicon species during germination. Euphytica*; 35: 575-582.
20. Johnson, R.; M. Dixon y D. Lee. 1992. *Water Relations of the Tomato During Fruit-Growth. Plant Cell and Environment* 15: 947-953.
21. Krauss, S.; W. Schnitzler; J. Grassmann y M. Voitke. 2006. *The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 441-448.
22. Li, Y.; C. Stanghellini y H. Challa. 2001. *Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (Lycopersicon esculentum L.). Scientia Horticulturae* 88(1): 11-29.
23. Leidi, E. y J. Pardo. 2002. Tolerancia de los cultivos al estrés salino. ¿Qué hay de nuevo? Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. 2: 15-23.
24. López, María. 2006. Biomecánica de la epidermis y la cutícula del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su relación con el agrietado". Facultad de Ciencias. Departamento de Biología Molecular y Bioquímica. Universidad de Málaga. Tesis Doctoral. España. 153 pp.
25. Maurel, C. y M. Chrispeels. 2001. *Aquaporins. A molecular entry into plant water relations. Plant Physiology*, 125: 135-138.
26. Munns, R.; S. Sham y J. Passioura. 2005. *Salinity stress and its mitigation. University of California, Davis*. 19 p.
27. Munns, R. 2002. *Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment* 25: 239-250.

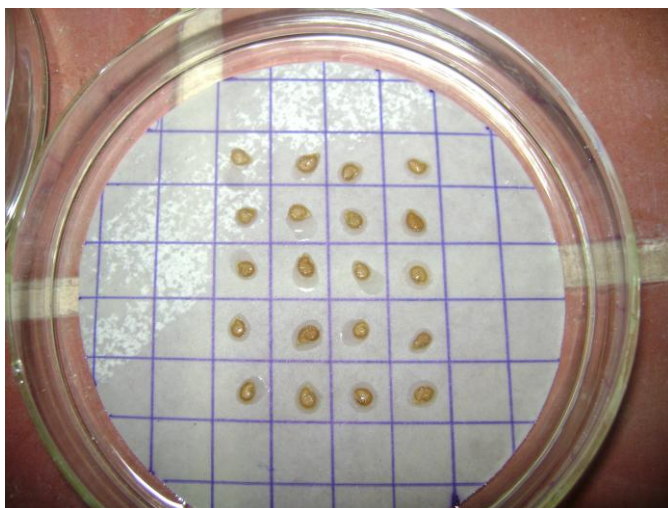
28. Peralta, I.; S. Knapp y D. Spooner. 2005. *New species of wild tomatoes (Solanum section Lycopersicon: Solanaceae) from Northern Peru*. *Systematic Botany* 30 (2): 424-434.
29. Pérez F.; M. Estan; A. Santa y María del Carmen Bolarin. 1993. *Effects of salinity on nitrate, total nitrogen, soluble protein and free amino acid levels in tomato plants*. *Journal-of-Horticultural Science*. 68 (6): 1021-1027.
30. Plaut, Z.; A. Grava; C. Yehezkel y E. Matan. 2004. *How do salinity and water stress affect transport of water, assimilates and ions to tomato fruits?* *Physiologia plantarum* 122: 429-442.
31. Reina, A.; R. Romero y J. Cuartero. 2005. *Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with saline water*. *Agricultural Water Management* 78: 54-66.
32. Romero, R.; T. Soria y J. Cuartero. 2001. *Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions*. *Plant Science* 160: 265-272.
33. Rhoades, J.; A. Kandiah y A. Mashali. 1992. *The use of saline waters for crop production*. *FAO Irrigation and Drainage paper* 48.
34. Saranga, Y.; D. Zamir; A. Marani y J. Rudich. 1993. *Breeding tomatoes for salt tolerance-variations in ion concentrations associated with response to salinity*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118: 405-408.
35. Singh, K. y R. Chatrath. 2001. *Breeding for adaptation to environmental factors*. Chapter 8. *Salinity Tolerance*. 170 p.
36. Soria, T. y J. Cuartero J. 1997. *Tomato fruit yield and water consumption with salty water irrigation*. *Acta Horticulturae* 458:215-219.
37. Shannon, M. 1997. *Adaptation of plants to salinity*. *Advances in Agronomy*, 60: 75-120.
38. Shannon, M. y C. Grieve. 1999. *Tolerance of vegetable crops to salinity*. *Scientia Horticulturae*. 78: 5-38.
39. SPSS. 2001. Release 11.0. USA.
40. Tanwar, B. 2003. *Saline water management for irrigation*. *International Commission on irrigation and drainage*. New Delhi, India. 140 p.
41. Wyn, J. y J. Gorham. 1983. *Aspects of drought and salt tolerance in higher plants*. En: *Genetic Engineering of Plants. An Agricultural Perspective (T. Kosige, C.P. Meredith, A. Hollaender, eds)* Plenum Press, New York, pp. 355-370.
42. Yeo, A. 1998. *Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology*. *Journal of Experimental Botany* 49: 915-929.

- 43.** Yokoi, S.; B. Ray y M. Hasegawa. 2002. *Salt stress tolerance of plants. JIRCAS Working Report 25-33.*

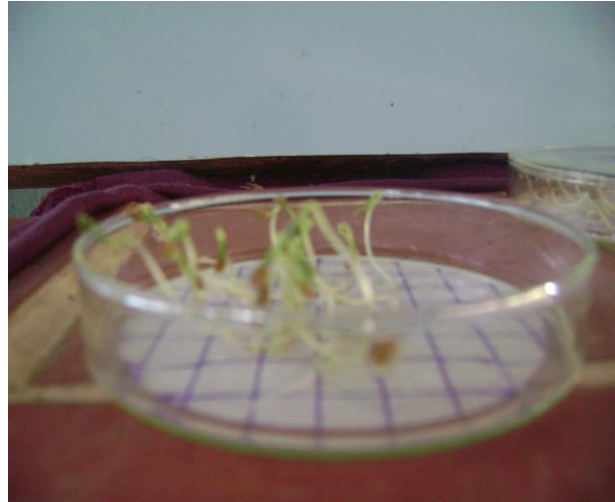
ANEXOS



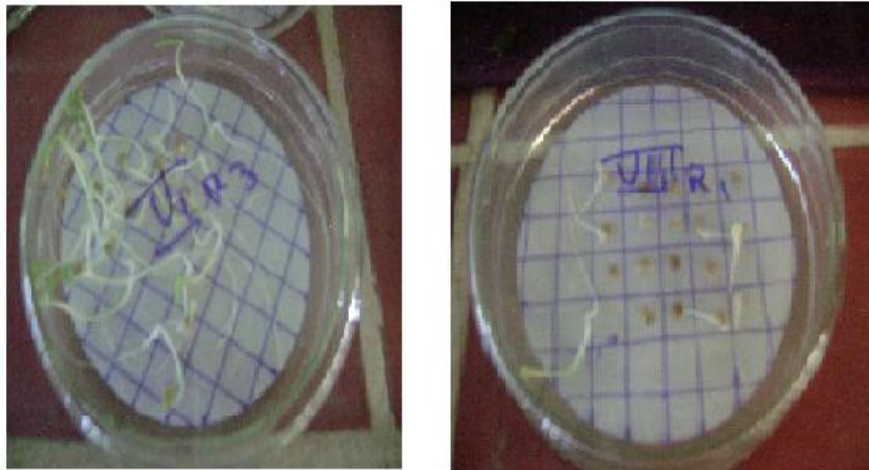
Anexo 1: Conductímetro de Rango Múltiple HI 9033, fabricado por la firma *HANNA INSTRUMENTS*, el cual fue empleado para la preparación de las distintas concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) empleadas en el laboratorio del Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal de la Universidad de Granma, Cuba.



Anexo 2: Placa Petri con las 20 semillas de tomate de la variedad Amalia 95, sobre papel de filtro estéril, empleado para el montaje del experimento con las diferentes concentraciones de NaCl.



Anexo 3: Placa Petri con semillas de tomate de la variedad Amalia 95 en proceso de germinación.



Anexo 4: Placa Petri con semillas de tomate de la variedad Amalia 95 a los 30 días de germinada. Imagen de la izquierda con concentración de NaCl de $2,0 \text{ ds.m}^{-1}$, e imagen de la derecha con concentración de NaCl de $6,0 \text{ ds.m}^{-1}$. Se demuestra que la concentración de NaCl de $6,0 \text{ ds.m}^{-1}$, afecta en mayor medida los procesos de germinación y de crecimiento y desarrollo de las semillas, con relación a la concentración de $2,0 \text{ ds.m}^{-1}$.