

**Universidad Autónoma de Sinaloa**  
**Colegio de Ciencias Agropecuarias**  
**Facultad de Agronomía**  
**Maestría en Ciencias Agropecuarias**



**TESIS**

**RESPUESTA AL CLORO Y SODIO EN LA SOLUCIÓN  
NUTRITIVA, PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS Y  
RENDIMIENTO DE TOMATE HIDROPÓNICO.**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO  
DE MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTA**

**ANTONIO CÁRDENAS FLORES**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. SAÚL PARRA TERRAZA**

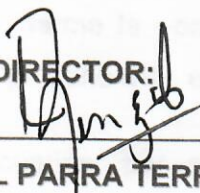
**CULIACÁN ROSALES, SINALOA, AGOSTO DE 2013.**

ESTE FUE REALIZADA POR **ANTONIO CÁRDENAS FLORES**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE :

**MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CONSEJO PARTICULAR**

DIRECTOR:



---

**DR. SAÚL PARRA TERRAZA**

**CO-DIRECTOR**

---

**DR. MANUEL VILLARREAL ROMERO**

**ASESOR**

---

**DR. SERGIO HERNANDEZ VERDUGO**



**ASESOR**

---

**DR. PEDRO SÁNCHEZ PEÑA**

**CULIACÁN ROSALES, SINALOA, AGOSTO DE 2013.**



## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme vida, salud y entereza necesarias para seguir en la lucha cotidiana y poder alcanzar las metas propuestas.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa, por el apoyo financiero a través del Programa de Fomento y Apoyo a la Investigación (PROFAPI-2010), en el cual colaboré como tesista de Maestría para la formación de recursos humanos de posgrado.

A la Facultad de Agronomía, por darme la oportunidad de llevar a cabo mi formación profesional y escalar un peldaño más en la vida.

Al Colegio de Ciencias Agropecuarias, por aceptarnos en sus espacios, brindándonos con ello la oportunidad de incursionar en el ámbito científico.

Al Dr. Sául Parra Terraza, por su apoyo, orientación, revisión y asesoría brindados con la objetividad y asertividad propias de un investigador SNI.

A los catedráticos que sembraron en nosotros la semilla de la curiosidad por la ciencia.

A los condiscípulos de la generación 2010-2012, subsecuentes y consecuentes por su amistad, tolerancia y solidaridad.

A mi Consejo Particular de Tesis, por su imponderable apoyo.

A mis amigos: Mario Alfonso Pérez Ahumada, Manuel López Bórquez, Juan Ángel García, Felipe Menchaca...por la confianza depositada en su servidor.

A Werner Rubio Carrasco por su incondicional apoyo en el laboratorio del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.(CIAD), Unidad Culiacán.

Al Instituto Educativo del Noroeste, por permitirnos incursionar como docentes en el área de educación abierta.

A la Universidad UNIVER del Pacífico, A. C. unidad Culiacán, por confiarnos la noble labor de la docencia.

## DEDICATORIAS

### A MI ESPOSA.

Lidia Cristina Samaniego Cotera, quien entendió nuestro interés por la investigación convirtiéndose en una excelente y comprensiva compañera .

### A MIS HIJAS.

AnaKaren, Denisse y Desiree Carolina que han hecho muy grata nuestra convivencia familiar.

### A MIS PADRES, HERMANO Y HERMANAS.

Que siempre han tenido fé y esperanza en su servidor y no defraudaré



## CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS DE APÉNDICE.....	iv
RESÚMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.OBJETIVOS.....	3
III.HIPÓTESIS.....	4
IV.REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1. Crecimiento y estado nutrimental de plántulas.....	5
4.2. Características de la solución nutritiva.....	5
4.3. Necesidades nutrimentales de la planta.....	6
4.4. El cultivo sin suelo.....	7
4.5. La salinidad en las plantas.....	8
4.6. Cloro y sodio en los cultivos.....	8
4.7. Cloro y sodio en el cultivo de tomate.....	10
V.MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
5.1. Localización geográfica del área de estudio.....	13
5.2. Datos climáticos observados en el sitio experimental durante el estudio.....	13
5.3. Siembra.....	14

5.4. Trasplante .....	14
5.5. Cosecha .....	14
5.6. Tratamientos y diseño experimental .....	15
5.7. Experimentos.....	16
5.7.1. Experimento 1.....	16
5.7.2. Experimento 2.....	17
VI.RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	18
6.1. Relación Cl <sup>-</sup> /aniones y Na <sup>+</sup> /cationes en las variables de crecimiento de plántulas de tomate bola.....	18
6.2. Interacción Cl x Na en el peso fresco de tallo de plántulas de tomate bola.....	19
6.3. Interacción Cl x Na en el peso fresco de hoja de plántulas de tomate bola.....	20
6.4. Relación Cl <sup>-</sup> /aniones y Na <sup>+</sup> /cationes en las variables de crecimiento de plántulas de tomate Roma.....	21
6.5. Interacción Cl x Na en el peso seco de tallo de plántulas de tomate Roma .....	22
6.6. Relación Cl <sup>-</sup> /aniones y Na <sup>+</sup> /cationes en el contenido de nutrimentos en tallo y hoja de plántulas de tomate bola.....	23
6.7. Interacción Cl <sup>-</sup> X Na <sup>+</sup> en el contenido de potasio en tallo de plántulas de tomate bola.....	24
6.8. Interacción Cl <sup>-</sup> X Na <sup>+</sup> en el contenido de magnesio en tallo de plántulas de tomate bola.....	25
6.9. Interacción Cl <sup>-</sup> X Na <sup>+</sup> en el contenido de sodio en tallo de plántulas de tomate bola.....	26
6.10. Interacción Cl <sup>-</sup> X Na <sup>+</sup> en el contenido de sodio en hoja de plántulas de tomate bola.....	27
6.11. Interacción Cl <sup>-</sup> X Na <sup>+</sup> en el contenido de nitrógeno en tallo de plántulas de tomate bola.....	28
6.12. Interacción Cl <sup>-</sup> X Na <sup>+</sup> en el contenido de nitrógeno en hoja de plántulas de tomate bola.....	29



6.13. Interacción $Cl^-$ X $Na^+$ en el contenido de fósforo en tallo de plántulas de tomate bola.....	30
6.14. Interacción $Cl^-$ X $Na^+$ en el contenido de fósforo en hoja de plántulas de tomate bola.....	31
6.15. Efecto de la relación $Cl^-$ /aniones y $Na^+$ /cationes en el peso y número de frutos de tomate bola.....	32
6.16. Relación $Cl^-$ /aniones y $Na^+$ /cationes en el contenido de nutrimentos en tallo y hoja de plántulas de tomate Roma.....	33
6.17. Interacción $Cl^-$ X $Na^+$ en el contenido de calcio en hoja de plántulas de tomate Roma. ....	34
6.18. Interacción $Cl^-$ X $Na^+$ en el contenido de magnesio en tallo de plántulas de tomate Roma. ....	35
6.19. Interacción $Cl^-$ X $Na^+$ en el contenido de sodio en tallo de plántulas de tomate Roma. ....	36
6.20. Interacción $Cl^-$ X $Na^+$ en el contenido de fósforo en hoja de plántulas de tomate Roma. ....	37
VII.CONCLUSIONES.....	38
VIII.LITERATURA CITADA.....	39
IX.APÉNDICE.....	46



## ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Temperatura y humedad relativa registradas en el sitio experimental .....	13
Cuadro 2. Composición química de las soluciones nutritivas utilizadas en la producción de plántulas y rendimiento de tomate. ....	16
Cuadro 3. Efecto de la relación $Cl^-/NO_3^-$ , $H_2PO_4^-$ , $SO_4^{2-}$ y $Na^+/K^+$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ en la solución nutritiva sobre las variables de crecimiento, peso seco de tallo y peso seco de hoja de tomate bola. ....	18
Cuadro 4. Efecto de la relación $Cl^-/NO_3^-$ , $H_2PO_4^-$ , $SO_4^{2-}$ y $Na^+/K^+$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ en la solución nutritiva sobre las variables de crecimiento, diámetro de tallo, altura de planta, número de hojas, peso fresco de tallo, peso fresco de hoja; peso seco de tallo y peso seco de hoja de tomate roma.....	21
Cuadro 5. Contenido de nutrimentos en los órganos de las plántulas de tomate bola por efecto de la relación $Cl^-/NO_3^-$ , $H_2PO_4^-$ , $SO_4^{2-}$ y $Na^+/K^+$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ en la solución nutritiva .....	23
Cuadro 6. Efecto de la relación $Cl^-/NO_3^-$ , $H_2PO_4^-$ , $SO_4^{2-}$ y $Na^+/K^+$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ en la solución nutritiva sobre las variables peso de frutos (PF) y número de frutos (NF) de tomate bola (E1).....	32
Cuadro 7. Contenido de nutrimentos en los órganos de las plántulas de tomate roma (E2) por efecto de la relación $Cl^-/NO_3^-$ , $H_2PO_4^-$ , $SO_4^{2-}$ y $Na^+/K^+$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ en la solución nutritiva. ....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Temperaturas y humedad relativa registradas en el sitio experimental .....	13
Figura 2. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el peso fresco de tallo en plántulas de tomate bola .....	19
Figura 3. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el peso fresco de hoja en plántulas de tomate bola .....	20
Figura 4. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el peso seco de tallo en plántulas de tomate roma .....	22
Figura 5. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el contenido de potasio en tallo de plántulas de tomate bola .....	24
Figura 6. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el contenido de magnesio en tallo de plántulas de tomate bola .....	25
Figura 7. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el contenido de sodio en tallo de plántulas de tomate bola .....	26
Figura 8. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el contenido de sodio en hojas de plántulas de tomate bola .....	27



Figura 9. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ X $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el contenido de nitrógeno en tallo en plántulas de tomate bola. ....	28
Figura 10. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ X $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el contenido de nitrógeno en hojas en plántulas de tomate bola. ....	29
Figura 11. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ X $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el contenido de fósforo en tallo en plántulas de tomate bola. ....	30
Figura 12. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ X $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el contenido de fósforo en hoja en plántulas de tomate bola. ....	31
Figura 13. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ X $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el contenido de calcio en tallo en plántulas de tomate roma. ....	34
Figura 14. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ X $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el contenido de magnesio en tallo en plántulas de tomate roma. ....	35
Figura 15. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ X $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el contenido de sodio en tallo en plántulas de tomate roma. ....	36
Figura 16. Efecto de la interacción $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ X $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ en la solución nutritiva sobre el contenido de fósforo en hoja en plántulas de tomate roma. ....	37



## ÍNDICE DE CUADROS DE APÉNDICE

Cuadro 1A. Tratamientos y solución nutritiva .....	46
Cuadro 2A. Análisis de varianza de altura de plántula de tomate bola .....	47
Cuadro 3A. Análisis de varianza de diámetro de tallo de plántula de tomate bola .....	47
Cuadro 4A. Análisis de varianza de numero de hojas de plántula de tomate bola .....	47
Cuadro 5A. Análisis de varianza de peso fresco de tallo de plántula de tomate bola .....	48
Cuadro 6A. Análisis de varianza de peso seco de tallo de plántula de tomate bola .....	48
Cuadro 7A. Análisis de varianza de peso seco fresco de hojas de plántula de tomate bola .....	48
Cuadro 8A. Análisis de varianza de peso seco de hojas de plántula de tomate bola .....	49
Cuadro 9A. Análisis de varianza de contenido de potasio en tallo de plántula de tomate bola .....	49
Cuadro 10A. Análisis de varianza de contenido de calcio en tallo de plántula de tomate bola .....	49
Cuadro 11A. Análisis de varianza de contenido de magnesio en tallo de plántula de tomate bola .....	50
Cuadro 12A. Análisis de varianza de contenido de sodio en tallo plántula de tomate bola .....	50
Cuadro 13A. Análisis de varianza de contenido de potasio en hojas de plántula	

de tomate bola .....	50
Cuadro 14A. Análisis de varianza de contenido de calcio en hojas de plántula de tomate bola .....	51
Cuadro 15A. Análisis de varianza de contenido de Magnesio en hojas de plántula de tomate bola. ....	51
Cuadro 16A. Análisis de varianza de contenido de sodio en hojas de plántula de tomate bola. ....	51
Cuadro 17A. Análisis de varianza de contenido de nitrógeno en tallo de plántula de tomate bola .....	52
Cuadro 18A. Análisis de varianza de contenido de nitrógeno en hojas de plántula de tomate bola .....	52
Cuadro 19A. Análisis de varianza de contenido de fósforo en tallo de plántula de tomate bola .....	52
Cuadro 20 A. Análisis de varianza de contenido de fósforo en hoja de plántula de tomate bola .....	53
Cuadro 21A. Análisis de varianza de peso de frutos de tomate bola.....	53
Cuadro 22A. Análisis de varianza de número de frutos de tomate bola .....	53
Cuadro 23A. Análisis de varianza de altura de plántula de tomate roma.....	54
Cuadro 24A. Análisis de varianza de diámetro de tallo de plántula de tomate roma.....	54
Cuadro 25A. Análisis de varianza de numero de hojas de plántula de tomate roma.....	54
Cuadro 26A. Análisis de varianza de peso fresco de tallo de plántula de	



tomate roma.....	55
Cuadro 27A. Análisis de varianza de peso seco de tallo de plántula de tomate roma.....	55
Cuadro 28A. Análisis de varianza de peso fresco de hojas de plántula de tomate roma.....	55
Cuadro 29A. Análisis de varianza de peso seco de hojas de plántula de tomate roma.....	56
Cuadro 30A. Análisis de varianza de contenido de potasio en tallo de plántula de tomate roma.....	56
Cuadro 31A. Análisis de varianza de contenido de calcio en tallo de plántula de tomate roma.....	56
Cuadro 32A. Análisis de varianza de contenido de magnesio en tallo de plántula de tomate roma.....	57
Cuadro 33A. Análisis de varianza de contenido de sodio en tallo de plántula de tomate roma.....	57
Cuadro 34A. Análisis de varianza de contenido de potasio en hojas de plántula de tomate roma.....	57
Cuadro 35A. Análisis de varianza de contenido de calcio en hojas de plántula de tomate roma.....	58
Cuadro 36A. Análisis de varianza de contenido de Magnesio en hojas de plántula de tomate roma.....	58
Cuadro 37A. Análisis de varianza de contenido de sodio en hojas de plántula de tomate roma.....	58



Cuadro 38A. Análisis de varianza de contenido de nitrógeno en tallo de plántula de tomate roma.....	59
Cuadro 39A. Análisis de varianza de contenido de nitrógeno en hojas de plántula de tomate roma.....	59
Cuadro 40A. Análisis de varianza de contenido de fósforo en tallo de plántula de tomate roma.....	59
Cuadro 41 A. Análisis de varianza de contenido de fósforo en hoja de plántula de tomate roma.....	60

## RESÚMEN

El tomate es un cultivo considerado sensible a la salinidad en las primeras etapas de desarrollo, mientras que en las últimas es más tolerante, sin embargo, existe poca información disponible relacionada con los efectos individuales causados por los iones cloruro y sodio. El objetivo del presente estudio fue evaluar nueve relaciones cloro/ sodio (0/0, 25/0, 50/0, 0/25, 25/25, 50/25, 0/50, 25/50 y 50/50 ) en la solución nutritiva sobre el crecimiento y composición mineral de plántulas de tomate producidas en invernadero. Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo de tratamientos factorial  $3^2$  con cuatro repeticiones. Dos experimentos fueron llevados a cabo con plántulas de tomate tipo bola y tipo Roma de crecimiento indeterminado. A los 48 días después de la siembra se tomaron datos del crecimiento y se determinó la concentración nutrimental en hojas y tallos. La combinación  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  de 0/25 y 25/25 en la solución nutritiva incrementó el peso fresco de tallo y el peso fresco de hoja de plántulas de tomate bola. Las relaciones porcentuales  $\text{Cl}^-/\text{aniones}$  y  $\text{Na}^+/\text{cationes}$ , 50/50 redujeron el número de hojas, el peso seco del tallo y el peso seco de hojas del cultivar tipo bola. La combinación  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  de 50/0 incrementó el contenido de potasio en tallo de tomate bola y de magnesio en tallo de ambos cultivares; mientras el tratamiento 0/50 elevó la concentración de sodio en tallo de ambos cultivares y en hoja de tomate bola. Con el tratamiento 0/0 se incrementó el nivel de nitrógeno en tallo y hoja. El contenido de fósforo en tallo fue mayor con el tratamiento 0/25, la relación porcentual  $\text{Na}^+/\text{cationes}$ , 50/50 redujo el contenido de potasio, calcio, magnesio en hojas de tomate bola; mientras que la relación  $\text{Cl}^-/\text{aniones}$ , 50/50 redujo la concentración de nitrógeno en tallo y hoja de los dos cultivares, así como fósforo en tallo y hoja de tomate bola. La relación  $\text{Cl}^-/\text{aniones}$ ,  $\text{Na}^+/\text{cationes}$  50/50 redujo el peso y número de frutos del cultivar tipo bola. La combinación  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  0/0 y 25/0 incrementó el peso seco de tallo de tomate Roma. La relación  $\text{Cl}^-/\text{aniones}$ ,  $\text{Na}^+/\text{cationes}$  50/50 disminuyó el diámetro y peso fresco de tallo. El tratamiento 50/0 incrementó el calcio en tallo; la combinación 0/0 incrementó el fósforo en hoja. La relación  $\text{Cl}^-/\text{aniones}$  y  $\text{Na}^+/\text{cationes}$  50/50 redujo los niveles de calcio y nitrógeno en hoja de tomate Roma.



## ABSTRACT

Tomato is considered sensitive salt crop in early stages growth, while in the last ones is more tolerant; however, little information is available regarding the individual effects caused by sodium and chloride ions. The aim of this research was to evaluate nine relationships chlorine/sodium (0/0, 25/0, 50/0, 0/25, 25/25, 50/25, 0/50, 25/50 and 50/50 ) in nutrient solution about growth and mineral composition produced tomato seedlings in greenhouse. Complete randomized design was used with  $3^2$  factorial arrangement of treatments and four replications. Two experiments were performed with tomato seedlings Rome type ball and indeterminate growth. At 48 after sowing growth data were taken and determined the nutrient concentration in leaves and stems.  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  de 0/25 y 25/25 combination in the nutrient solution increased the fresh weight of stem and leaf fresh weight of the tomato seedling . The percentage ratios  $\text{Cl}^-/\text{anions}$  and  $\text{Na}^+/\text{cations}$ , 50/50 reduced the number of leaves, stem dry weight and leaf dry weight of ball-type variety.  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  de 50/0 combination increased potassium content of ball tomato stem and stem magnesium in both cultivars; whereas 0/50 treatment increased sodium concentration in stem of both cultivars and leaf of tomato ball type. With 0/0 treatment is increased nitrogen level in stem and leaves. The phosphorous content was highest with 0/25 treatment on stem, the percentage ratio  $\text{Na}^+/\text{cations}$ , 50/50 reduced potassium, calcium and magnesium in ball type tomato leaves; while  $\text{Cl}^-/\text{anions}$  50/50 reduced nitrogen content in stem and leaf of both cultivars, as well as phosphorous in ball type stem and leaf. The relationship  $\text{Cl}^-/\text{anions}$ ,  $\text{Na}^+/\text{cations}$  50/50 decreased weight and number of fruit cultivar ball type. Combination  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  0/0 and 25/0 increased stem dry weight of Rome tomato.  $\text{Cl}^-/\text{anions}$ ,  $\text{Na}^+/\text{cations}$  ratio 50/50 dropped the diameter and stem fresh weight of Rome tomato. Treatment 50/0 increased calcium in stem; 0/0 combination raised leaf phosphorous. The relationship  $\text{Cl}^-/\text{anions}$  and  $\text{Na}^+/\text{cations}$  50/50 diminished calcium and nitrogen Rome tomato leaf.



## I. INTRODUCCION

El Estado de Sinaloa mantiene alrededor del 2% de su superficie agrícola con el cultivo de tomate. La superficie protegida (invernadero y casa sombra ) de hortalizas se ha incrementado notablemente y en el ciclo 2010-2011 se reportaron 957 ha de tomate bola y 658 ha de saladette; de las cuales, 311 ha correspondieron a tomate bola y 23 ha a saladette bajo invernadero (CIDH,2011).

La producción global de alimentos necesitará incrementarse de 38% en el 2025 hasta 57% para el 2050 (Wild, 2003). La mayor parte de las tierras aptas han sido cultivadas y la expansión hacia nuevas áreas para incrementar la producción de alimentos es poco posible o deseable. El objetivo por lo tanto, deberá ser un incremento en el rendimiento por unidad de tierra más que en el área cultivada. Grandes esfuerzos son necesarios para mejorar la productividad, ya que cada vez más suelos están siendo degradados. Se estima que alrededor del 15% de la superficie total de tierra del planeta ha sido afectada por la erosión del suelo y la degradación física y química, incluyendo la salinización. (Wild, 2003).

La salinización es la acumulación de agua y sales solubles en el solum o regolito, a un nivel que impacta en la producción agrícola, sanidad ambiental y bienestar económico. Los suelos afectados por la salinidad en el planeta, se ubican en mas de 100 países con características diversas y naturaleza extensa. Ninguna región climática en el mundo esta libre de la salinización. Sin embargo, la percepción general esta enfocada sobre regiones áridas y semiáridas. La salinización es un proceso complejo que involucra el movimiento de las sales y agua en los suelos durante ciclos estacionales e interacciones con el agua subterránea.

Si bien, las lluvias, depósitos eólicos, intemperismo mineral y sales almacenadas son las fuentes de sales; la escorrentía y el agua subterránea pueden redistribuir las sales acumuladas, así como proporcionar fuentes adicionales.

Las sales de sodio predominan en muchos suelos alrededor del mundo, pero las sales de otros cationes tales como, calcio, magnesio y hierro también se presentan en lugares específicos ( Rengasamy, 2006).

El sodio y el cloro son los iones dominantes en los ambientes salinos; aún cuando son elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, pueden causar toxicidad cuando su concentración en el tejido vegetal es excesiva (Villa, 2006).

Dentro de los sistemas de cultivo protegido destacan la hidroponía, definida como un cultivo sin suelo donde las raíces reciben una solución nutritiva balanceada, y la fertirrigación, donde los fertilizantes son aplicados en conjunto con la irrigación, propiciando menores pérdidas de nutrientes (Moraes, 1997; Hebbar *et al.*, 2004).

En México, 30% de los 5.5 millones de hectáreas que son irrigadas están afectadas por la salinidad. La mayoría de las plantas de importancia agrícola en México son sensibles a la salinidad, y su producción se ve significativamente reducida cuando se cultivan en suelos salinos (Barkla, 2007).

La degradación del suelo por la agricultura ocurre a tal velocidad que uno de los grandes retos para poder alcanzar la demanda de alimentos en el futuro es disminuir y, de ser posible, revertir el deterioro del suelo o adaptarlo a las nuevas condiciones limitantes con propuestas científico-tecnológicas que resuelvan el problema. (Bronwyn *et al.*, 2007).



## II.OBJETIVOS.

Objetivo general. *Conocer cómo influyen el balance de nutrientes y la relación Cl*

Identificar la relación  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva que incremente la calidad de plántula, y el rendimiento de fruto de tomate en invernadero.

Objetivos específicos.

- Estudiar el significado de las relaciones  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , y  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre las variables de crecimiento, altura de plántula, diámetro de tallo, número de hojas, peso fresco y seco de tallo y hoja de dos híbridos de tomate.
- Conocer el efecto de las relaciones  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , y  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre la composición mineral (cloro, sodio, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio) de hojas y tallos de dos híbridos de tomate.
- Identificar la respuesta de las relaciones  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , y  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre el rendimiento de frutos de tomate bola desarrollado en invernadero.

### III. HIPOTESIS.

#### IV. REVISION DE LITERATURE

Al formular las soluciones considerando el balance de los iones existe una relación  $Cl^-/NO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , y  $Na^+/K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  en la solución nutritiva dentro de las relaciones evaluadas que incrementa la calidad de las plántulas, y el rendimiento de fruto de tomate en invernadero.

La calidad de la primera fruta y la más sensible en el proceso de producción de esta es el tamaño y su desarrollo y el estado interno de la misma están directamente relacionados con precocidad, rendimiento, tamaño y número de frutos (Carrasco, 1995; Dreyer y Nilsen, 1995; Markovik et al., 1997).

Algunos de los parámetros que confieren mayor calidad a los frutos son más resistentes al desmenuzamiento mecánico (Carrasco, 1995).

Con la intención de modificar las características morfológicas y el crecimiento de las plántulas a través de las soluciones nutritivas recomendadas se han obtenido mezclas de nutrientes en diferentes proporciones y al aire y sombrero para poder obtener un cultivo de mejor calidad donde el cultivo se desarrolló mejor se recurrió a una solución nutritiva específica para dicho cultivo. Esta forma de nutrición por solución nutritiva como técnica no garantiza que exista una relación entre el cultivo se desarrolló mejor al aire (De Fick y Gohrievens, 1998).

La efectividad de las soluciones nutritivas puede ser sistémica, lo cual permite evaluar todos los componentes (Stevens, 1991).

El factor que determina el crecimiento vegetal sobre una determinada relación de nutrientes presentes en la solución nutritiva el crecimiento de diferentes órganos de las plantas (desarrollo del sistema radical) dependen del equilibrio fisiológico de la solución nutritiva (García, 1998).

#### 4.2. Características de la solución nutritiva

De acuerdo a Frazer (1951, 1954) la composición química de una solución nutritiva está determinada por las proporciones relativas de los aniones ( $NO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$  y  $SO_4^{2-}$ ).



## IV. REVISION DE LITERATURA

### 4.1. Crecimiento y estado nutrimental de plántulas.

La producción de plántulas en charolas de poliestireno o polietileno, con diversos sustratos y en condiciones de invernadero, es una demanda de las empresas agrícolas, ya que se incrementa su calidad en comparación con las producidas en almácigos con suelo y a cielo abierto.

La plántula es la primera fase y la más sensible en el proceso de producción de especies hortícolas y su crecimiento y el estado nutrimental de la misma están directamente relacionados con precocidad, rendimiento, tamaño y número de frutos (Klapwijk, 1986; Basoccu y Nicola, 1995; Marković *et al.*, 1997).

Además, las plántulas con contenido mayor de materia seca son más resistentes al trasplante y se adaptan fácilmente (Cornillón, 1999).

Con la nutrición pueden modificarse las características morfológicas y el crecimiento de las plántulas. La mayoría de las soluciones nutritivas recomendadas se han obtenido mezclando los nutrimentos en diferentes proporciones y al azar, y sembrando posteriormente un cultivo; la mezcla de nutrimentos donde el cultivo se desarrolló mejor se recomienda como una solución nutritiva específica para dicho cultivo. Esta forma de recomendar una solución nutritiva como específica no garantiza que exista otra solución en la cual se desarrolle mejor el cultivo (De Rijck y Schrevens, 1998).

La investigación de las soluciones nutritivas puede ser sistemática, lo cual permite evaluar todas las combinaciones posibles (Steiner, 1961).

El funcionamiento normal del organismo vegetal ocurre con una determinada relación de cationes y aniones en la solución nutritiva; el crecimiento de los órganos aéreos de las plantas y el desarrollo del sistema radical dependen del equilibrio fisiológico de la solución nutritiva (Yágodin, 1986).

### 4.2. Características de la solución nutritiva.

De acuerdo con Steiner (1961, 1984), la composición química de una solución nutritiva está determinada por las proporciones relativas de los aniones ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ),



las proporciones relativas de los cationes ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ ), la concentración iónica total, y el pH.

Las características de la solución nutritiva que más influencia tienen en el crecimiento, rendimiento y en la calidad de los productos vegetales de interés antropogénico son: la relación mutua de cationes ( $K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ), la relación mutua de aniones ( $NO_3^- + H_2PO_4^- + SO_4^{2-}$ ), la concentración total de iones y el pH (Steiner, 1961).

La solución nutritiva universal consiste de:  $NO_3^-$ , 12 me  $L^{-1}$ ;  $H_2PO_4^-$ , 1 me  $L^{-1}$ ;  $SO_4^{2-}$ , 7 me  $L^{-1}$ ;  $K^+$ , 7 me  $L^{-1}$ ;  $Ca^{2+}$ , 9 me  $L^{-1}$ ; y  $Mg^{2+}$ , 4 me  $L^{-1}$ , cuando el potencial osmótico es -0.072 MPa y el pH es 6.5 (Steiner, 1984).

#### 4.3. Necesidades nutrimentales de la planta.

Las necesidades nutrimentales de los vegetales dependen de factores como: especie, variedad, etapa fenológica (Steiner, 1973, 1984; Carpena *et al.*, 1987) y ambiente físico en que se desarrolla la planta, el cual afecta la tasa de absorción y la distribución de nutrimentos dentro de la misma, además de la tasa de crecimiento (Adams, 1999).

Con base en los criterios de Steiner (1984) para las soluciones nutritivas, puede modificarse la relación porcentual de cualquier ion, manteniendo las relaciones mutuas entre cationes y entre aniones y la cantidad total de iones. Tal modificación debe hacerse dentro de ciertos límites de concentración relativa de los iones involucrados. De otra manera, la interacción entre los mismos puede influenciar fuertemente la absorción y la distribución o función de algún nutrimento en la planta y, con ello, inducir deficiencias o toxicidades y, en consecuencia, modificar negativamente su crecimiento (Schwarz, 1995). Con relación al calcio, el antagonismo con  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  y  $NH_4^+$  puede disminuir sustancialmente su absorción, dependiendo de la concentración relativa en la solución nutritiva, pero su absorción es estimulada por  $NO_3^-$  ó  $H_2PO_4^-$  (Fried y Shapiro, 1979; Jones *et al.*, 1991). Una propiedad físico química inherente a las soluciones es el potencial osmótico, el cual depende de la cantidad de solutos disueltos (Aguilera y Martínez, 1996). El incremento de la concentración absoluta de los nutrimentos en la solución disminuye el potencial osmótico de la misma, lo cual puede provocar una absorción menor de agua (Ehret y Ho, 1986a) y nutrimentos por la planta (Steiner, 1973).



Por el contrario, si se aplica una cantidad menor de nutrimentos en la solución que los requeridos por la planta, pueden inducirse deficiencias nutrimentales (Ehret y Ho, 1986b). En un potencial osmótico menor (-0.21 MPa), las plantas absorben más K, a expensas del calcio, y existe una fuerte preferencia por el  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y, en menor medida, por el  $\text{NO}_3^-$ , ambos a expensas de la absorción de  $\text{SO}_4^{2-}$  (Steiner, 1973; Schwarz, 1995). No se reportan cambios en el crecimiento de las plantas de tomate cuando la diferencia en el potencial osmótico es menor que -0.02 MPa (Steiner, 1961).

#### 4.4. El cultivo sin suelo.

El cultivo sin suelo es considerado uno de los principales componentes de la horticultura protegida sustentable. De hecho, el empleo de sistemas de producción cerrados, donde el agua drenada es capturada y reutilizada después de agregar los nutrimentos, puede reducir el consumo de agua y fertilizantes así como la contaminación ambiental que están generalmente asociados a la sobre irrigación (Pardossi *et al.*, 2006).

Desgraciadamente, el empleo de sistemas cerrados es escaso a escala comercial y, con la excepción de Holanda, donde son forzosos (Stanghellini *et al.*, 2005), los sistemas abiertos (drenaje libre) son más comúnmente utilizados para legumbres y cultivos ornamentales, ya que el manejo de la fertirrigación es mucho más sencilla en estos sistemas (Savvas, 2002; Pardossi *et al.*, 2006).

Junto con los riesgos consecuentes de la posible diseminación de patógenos de la raíz la salinidad del agua de riego representa la principal dificultad para el manejo de los sistemas cerrados de producción. Cuando el uso de agua salina es obligada, hay más o menos una rápida acumulación de iones de arrastre, como sodio ( $\text{Na}^+$ ) y cloro ( $\text{Cl}^-$ ), los cuales están disueltos en el agua a concentraciones más altas que la concentración consumo (la relación entre los iones y el agua absorbida por las plantas). Bajo estas condiciones, la solución nutritiva es normalmente recirculada hasta que la conductividad eléctrica y/o la concentración de algún ion potencialmente tóxico alcance un aceptable valor umbral máximo, poco después éste es reemplazado, al menos parcialmente: el término "semi-cerrado" es usado para tales sistemas. En Holanda, a los productores les está permitido filtrar sus sistemas siempre que la concentración



tope para un cultivo específico sea alcanzada (Stanghellini *et al.*, 2005): por ejemplo, 8 – 3mMol para tomate o 4 - 3 mMol para rosas.

#### **4.5. La salinidad en las plantas.**

La salinidad en las plantas es uno de los mayores factores de estrés abiótico y afecta casi todos los aspectos de la fisiología y bioquímica de las mismas. Esto reduce significativamente el rendimiento. Grandes esfuerzos han sido realizados para entender los aspectos fisiológicos de respuesta de las plantas a la salinidad, como base para que los cultivadores desarrollen genotipos tolerantes a la salinidad (Cuartero *et al.*, 2006).

El nivel de tolerancia de los cultivos a la sal ha recibido recientemente mucha atención debido al incremento de tierras cultivadas salinizadas a través del mundo. Este incremento es causado a la par por fenómenos naturales y actividades humanas (Ghassemi *et al.* 1995).

La salinización secundaria de tierras cultivadas es causada por prácticas agrícolas inapropiadas tales como el uso de grandes cantidades de fertilización química y/o manejo inadecuado del riego. Además, la degradación de la tierra causada por la salinización secundaria esta llegando a ser cada vez mas un problema (Ghassemi *et al.* 1995; Zhang *et al.* 2007).

En suma, la competencia por los recursos de agua fresca disponible ha resultado en el desarrollo de irrigación con agua salina (Ghassemi *et al.* 1995).

#### **4.5. Cloro y sodio en los cultivos.**

Los cationes constituyentes de las sales solubles totales en los suelos son generalmente sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), mientras que los aniones son cloro ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ). Sin embargo, el sodio predomina sobre los cationes y el cloro sobre los aniones en la mayoría de los suelos salinos al grado de que el NaCl comprende desde el 50 – 80% de el total de sales solubles (Rengasamy, 2010).



El estrés salino tiene tres principales efectos sobre el crecimiento vegetal: reduce el potencial hídrico en el suelo conduciendo al estrés osmótico, induce el desbalance iónico en las células, especialmente mas bajas concentraciones de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $NO_3^-$  y causa toxicidad por  $Na^{2+}$  y  $Cl^-$ .

Ya que el estrés salino involucra estrés iónico y osmótico, la supresión del crecimiento esta directamente relacionada con el total de sales solubles y el potencial osmótico de la solución del suelo. El efecto adverso es observado a nivel de toda la planta; tal como la muerte o una disminución de la productividad (Munns y Tester, 2008). Por lo tanto, entender los mecanismos de la tolerancia a altas concentraciones de NaCl en el suelo, es esencial para mejorar la tolerancia de los cultivos a la salinidad. Para la mayoría de las plantas que toleran la salinidad, la absorción de sodio y cloro debe ser restringida mientras se mantiene la absorción de macronutrientes tales como  $K^+$ ,  $NO_3^-$  y  $Ca^{2+}$ .

Dado que la sal dominante en los suelos salinos es NaCl, ambos,  $Na^+$  y  $Cl^-$ , pueden estar en altas concentraciones.

Sin embargo, la contribución del cloro a la reducción del crecimiento bajo estrés salino es menos conocida que la del sodio en cultivos extensivos. Esto refleja el hecho de que la mayoría de la investigación sobre la tolerancia en cereales se ha enfocado sobre el sodio con poco interés en la toxicidad del cloro (Teakle and Tyerman, 2010). Ambos,  $Na^+$  y  $Cl^-$ , deberían ser considerados por igual, ya que son metabólicamente tóxicos para las plantas si se acumulan en altas concentraciones en el citoplasma (Xu et al., 2000; White and Broadley, 2001; Tavakkoli et al., 2010a, b; Teakle and Tyerman, 2010).

Las altas concentraciones de  $Cl^-$  y  $Na^+$  en suelos salinos pueden ser la mayor causa de la reducción del crecimiento en el cultivo de cebada. La mayor reducción en crecimiento bajo tratamiento con NaCl comparado con  $Na^+$  y  $Cl^-$  separadamente, sugiere que altas concentraciones de  $Na^+$  y  $Cl^-$  tienen un efecto aditivo y/o interactivo. Los resultados mostraron que la exclusión de  $Na^+$  y  $Cl^-$  son mecanismos independientes y distintos genotipos expresaron diferentes combinaciones de los dos mecanismos. Alta concentración de  $Na^+$  interfiere con la nutrición de  $K^+$  y  $Ca^{2+}$  y con la



regulación estomática, mientras altas concentraciones de  $\text{Cl}^-$  reducen la capacidad fotosintética debido a la degradación de la clorofila (Tavakkoli *et al.*, 2011).

Es necesario mantener ciertas relaciones entre los nutrimentos (Schwarz, 1995), para reducir el riesgo de que se presenten desbalances nutrimentales en la solución nutritiva, lo que puede generar deficiencias o toxicidades de ciertos nutrimentos en las plantas, debido a antagonismos, principalmente del cloro con los nitratos (Marschner, 1995), y de sulfatos con el sodio. (Schwarz, 1995).

Guohua *et al.*, (2000) mencionan que el contenido de cloro en las plantas está relacionado con las concentraciones de este elemento en el medio externo y en su balance con otros aniones, sin indicar las concentraciones, ni los aniones, ni su balance. Entretanto, el sodio es un elemento considerado benéfico para las plantas, ya sea porque estimula el crecimiento o porque es esencial para ciertas especies vegetales, aunque el sodio por antagonismo con el calcio y potasio puede inducir deficiencias de estos elementos (Grattan y Grieve, 1999; Volkmar *et al.*, 1998). La competencia entre cloro y nitratos es de gran importancia en la producción de hortalizas en agricultura protegida, ya que en estas condiciones los aportes de nitrógeno a la solución nutritiva se hacen en forma de nitratos, por ser la forma nítrica absorbida preferentemente por la mayoría de las plantas (Mengel y Kirkby, 2000), y el cloro presente en el agua de riego puede afectar la absorción de nitratos.

La capacidad de las plantas para crecer en altas concentraciones de  $\text{NaCl}$  esta asociada con la capacidad de las mismas para transportar, compartimentar, extrudir y movilizar los iones  $\text{Na}^+$ . Mientras que la absorción y excreción por las raíces establece la continua tasa de velocidad de entrada de sodio hacia la planta, la compartimentación hacia las vacuolas, el transporte radial hacia la estela y su sobrecarga dentro del xilema establece el control homeostático en el citosol de las células radicales. La remoción del  $\text{Na}^+$  del flujo transpirativo, su distribución dentro de la planta y su progresiva acumulación en las vacuolas foliares, determinará la capacidad de respuesta a los efectos tóxicos del sodio.

#### **4.7. Cloro y sodio en el cultivo de tomate.**

El tomate es un cultivo considerado sensible a la salinidad en las primeras etapas de desarrollo, mientras que en las últimas es más tolerante, sin embargo, existe poca



información disponible relacionada con los efectos individuales causados por los iones cloruro y sodio (Schwarz, 1995), y su interacción.

El tomate, el cual es un cultivo económicamente importante a nivel mundial y adaptado a varios climas, es también afectado por suelos salinizados.

Gran cantidad de sal en el suelo resulta en una reducción del desarrollo y crecimiento vegetal y un rendimiento mas bajo. La mayoría de los cultivares modernos de tomate son ya sensibles a niveles moderados de sal en el suelo (Rush and Epstein 1976; Costa et al. 1990; Hassan et al. 1990; Saranga et al. 1992; Foolad y Lin 1997), sin embargo una gran cantidad de tomates son cultivados en áreas salinas (Burns et al. 1990; Foolad 1997).

Durante la floración y amarre de fruto, las plantas de tomate son capaces de resistir concentraciones de NaCl que son suficientes para matarlas en etapa de plántula (Elshourbagy and Ahmed 1975).

El rendimiento de los cultivos ha disminuido hasta cierto punto bajo condiciones de salinidad, sin embargo, en la etapa de desarrollo temprano de la fruta, el estrés salino puede incrementar el contenido de azúcar soluble y la relación azúcar-ácido en tomate maduro (Jiang et al., 2007; Shi et al., 2001; Balibrea et al., 2003).

Esto hace también importante que los tomates sean más tolerantes a la sal en su etapa de plántula. El trasplante de plántulas con más alta tolerancia a la sal garantiza un mejor rendimiento y un más rápido crecimiento. El sodio ha sido indicado como esencial para algunas especies y para mejorar el crecimiento y productividad de varios cultivos, particularmente aquellos que pertenecen a la familia Chenopodiaceae. Existe evidencia substancial que plantas con moderada a alta tolerancia a la sal pueden, bajo condiciones salinas, acumular grandes cantidades de sal y que el Na<sup>+</sup> en particular, puede hacer una significativa contribución a las relaciones osmóticas y de nutrición mineral de esas plantas, especialmente si el K<sup>+</sup> esta presente en concentraciones mas bajas que las optimas.

Para observar los efectos rápidos y las tolerancias máximas a la salinidad en las plantas, el sistema de cultivo hidropónico funciona muy bien. En cambio, cuando las plantas crecen en sustrato inerte, se acerca mejor a lo que ocurre en condiciones de campo, donde existe un suelo (Caniguante et al, 2009).

Así como la nutrición limita la producción y el rendimiento, las funciones fisiológicas del cloro en plantas superiores incluyen la regulación osmótica y estomática, regulación del oxígeno en la fotosíntesis y la tolerancia y resistencia a las enfermedades. Excepto para algunas especies vegetales, el promedio de las concentraciones de cloro en las plantas están en el rango de 2 – 20 g kg<sup>-1</sup> de materia seca, las cuales son satisfechas por el riego, fertilizantes y la contaminación del aire. Alrededor del mundo hay mucho más interés acerca de la toxicidad del cloro que por su deficiencia en las plantas. Sin embargo, las prácticas de evitar fertilizantes conteniendo sales metálicas de cloro pueden mejorar la posible deficiencia de cloro en algunas áreas, especialmente en suelos arenosos profundos de alto rendimiento con bajo contenido de materia orgánica. Numerosas investigaciones han reportado mejoras en el rendimiento de varios cultivos por la aplicación de fertilizantes conteniendo cloro, indicando la necesidad de más estudios en diversos sistemas de cultivo y condiciones de suelo respecto a la necesidad de cloro para la mejora del rendimiento y la calidad de las cosechas. Además, de que las plantas difieren en sus respuestas a los fertilizantes con cloro, información escasa esta disponible sobre los requerimientos internos y externos de cloro para la mayoría de los cultivos y estudios previos se han limitado a unos cuantos cultivares. Futuros estudios sobre las relaciones cloro disponible- rendimiento y calidad deberán llevarse a cabo en un amplio rango de suelos y especies cultivadas (Chen *et al.* 2010).

	33.0	29	21.0	21.0
WSP	36.8	12.0	25.0	21.8
FW	40.7	14.7	27.7	23.8



Figura 1. Temperatura y humedad relativa registradas en el sitio experimental.



## V. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 5.1. Localización geográfica del área de estudio.

La presente investigación se llevo a cabo en el ciclo agrícola otoño-invierno 2010 – 2011 en el invernadero de suelos, instalado en el campo experimental de la Facultad de Agronomía, localizada a los 24° 37' 29" LN y 107° 26' 36" LO, en el valle de Culiacán Sinaloa, ubicado en el kilómetro 17.5 de la carretera Culiacán-Mazatlán. Su clima es **Bso(h') w (e)**. Clima estepario(B) con cociente de precipitación entre temperatura menor que 22.9°C (Bso); un régimen térmico muy cálido con una temperatura media anual de 26.8°C y la temperatura del mes más frío 18.6°C (h'). Un régimen de lluvias en verano con un porcentaje de lluvia invernal de 5.58(w) y una oscilación térmica extremosa de 10.8°C (e) (Moreno y Urquídes,1996).

### 5.2. Datos climáticos observados en el sitio experimental durante el estudio.

El registro de temperatura y humedad relativa se muestran en el cuadro1 y figura 1.

**Cuadro 1.** Temperatura y humedad relativa registradas en el sitio experimental.

Mes	T.Máx.°C	T.Mín.°C	T.Prom.°C	H.R. (%)
Oct.	38.4	12.2	25.1	36.9
Nov.	39.1	12.6	26.4	30.4
Dic.	34.3	11.1	22.7	68.3
Ene.	34.1	10.0	22.1	84.3
Feb.	33.0	9.9	21.5	87.0
Mar.	38.9	12.9	25.9	85.8
Abr.	40.7	14.7	27.7	83.8

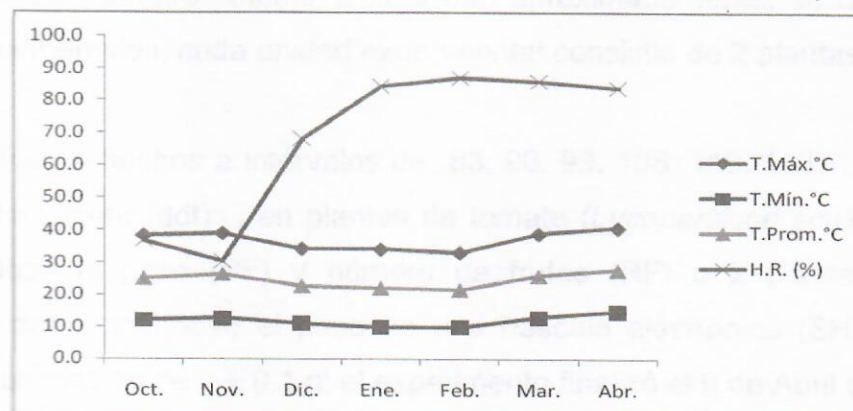


Figura 1. Temperaturas y humedad relativa registradas en el sitio experimental.

### **5.3. Siembra.**

Semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) cv. 260458 de Rogers-Syngenta, de crecimiento indeterminado, tipo bola y cv. V-305 de Vilmorín tipo saladette fueron sembradas el 15 de octubre y 5 de noviembre de 2010 respectivamente en 9 charolas nuevas de poliestireno de 200 cavidades con un volumen unitario de 30 cm<sup>3</sup>. Se dispusieron 36 unidades experimentales, con 25 semillas por unidad y 3 hileras de separación entre unidad. Las cavidades de las charolas fueron llenadas con una mezcla (1:1 v/v) de sustratos de turba y vermiculita hasta aproximadamente 0.5 cm del borde superior; se depositó una semilla por cavidad; se cubrió con una capa de vermiculita y se aplicó un riego hasta saturación. Las charolas se apilaron una encima de la otra y se cubrieron con plástico negro; al cuarto día después de la siembra las charolas se extendieron en el invernadero y se regaron durante cinco días con agua potable hasta alcanzar más del 80 % de emergencia; iniciándose inmediatamente la aplicación de las soluciones nutritivas (cuadro 2), cuyas concentraciones de nutrimentos se incrementaron cada 10 días en el orden 50, 75 y 100 % respecto a la solución nutritiva inicial; el experimento finalizó el 2 de diciembre de 2010 (48 días después de la siembra).

### **5.4. Trasplante.**

Plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) cv. 260458 de Rogers-Syngenta, de crecimiento indeterminado, tipo bola fueron trasplantadas a los 48 días después de la siembra, en macetas de pvc de 19 L de capacidad con 10 L de tezontle rojo triturado como sustrato de diámetro menor a 12.5 mm aproximadamente; se dispusieron 36 unidades experimentales, cada unidad experimental consistió de 2 plantas.

### **5.5. Cosecha.**

Ocho cortes fueron hechos a intervalos de 83, 90, 99, 106, 110, 113, 117 y 124 días después del trasplante (ddt), en plantas de tomate (*Lycopersicon sculentum* L.) tipo bola, midiéndose el peso (PF) y número de frutos (NF) a 2 plantas por unidad experimental, determinándose el peso en una báscula electrónica (SHIMADZU ELB 3000) con aproximación de  $\pm 0.1$  g; el experimento finalizó el 6 de Abril de 2011.



## 5.6. Tratamientos y diseño experimental.

Los tratamientos evaluados fueron 9 con un diseño factorial  $3^2$ ; con dos factores (niveles de cloro y de sodio) y tres niveles cada factor (0, 25 y 50 %) del total de aniones o del total de cationes.

Los tratamientos se diseñaron a partir de la solución nutritiva universal de Steiner (1984), la cual no considera al cloro, ni al sodio, por lo que su inclusión en esta investigación implica que dicha solución debe ser modificada (Cuadro 2). Las modificaciones consistieron en evaluar tres niveles de cloro (0, 25, y 50) en relación al total de aniones ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ), y tres niveles de sodio (0, 25, y 50 %) en relación al total de cationes ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ ). Los tratamientos se prepararon con sales grado reactivo y agua destilada y el pH de las soluciones se ajustó a  $5.5 \pm 0.1$  con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1N o KOH 1N, haciendo las correcciones necesarias para no alterar el balance de los iones. En todas las soluciones nutritivas, las concentraciones de los micronutrientes (en  $\text{mg L}^{-1}$ ) fueron: Fe 2.5, Mn 0.5, B 0.5, Cu 0.02, Zn 0.1 y Mo 0.05. El Fe se proporcionó como Fe-EDTA.

La respuesta a los factores en estudio se evaluó seleccionando ocho plántulas por tratamiento (dos plántulas por repetición) ubicadas en la parte central de cada bloque de 25 plántulas, las cuales fueron extraídas de la charola, lavadas con agua destilada y secadas con papel absorbente; las plántulas fueron seccionadas en hojas y tallos para determinar el peso fresco de cada órgano. Posteriormente, los órganos frescos se colocaron en estufa con circulación forzada de aire a una temperatura de  $70^\circ\text{C}$  durante 72 h, y se pesaron en una balanza analítica para determinar el peso seco; el número de hojas se evaluó considerando sólo aquellas completamente formadas; el diámetro de tallo, se midió inmediatamente debajo de los cotiledones con un vernier digital; la altura de plántula, medida desde la base del tallo hasta el ápice con un escalímetro. También se analizó la concentración de nutrientes en hojas y tallos; el nitrógeno se determinó por el procedimiento semi-micro Kjeldahl (Bremner, 1965) modificado para incluir nitratos. El fósforo se cuantificó por el método de amarillo vanadato molibdato (Rodríguez y Rodríguez, 2002), potasio, calcio y magnesio por espectrofotometría de emisión de flama (Alcántar y Sandoval, 1999) y sodio por espectrofotometría de



absorción atómica. El análisis de varianza de las variables de respuesta se realizó para los factores principales y su interacción con el programa SAS (2004) versión 9.1 .

**Cuadro 2.** Composición química de las soluciones nutritivas utilizadas en la producción de plántulas y rendimiento de tomate.

Trat.	$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	Na
meq L <sup>-1</sup>								
1	12.0	1.0	7.0	0	7.0	9.0	4.0	0
2	8.7	0.7	5.1	4.9	6.8	8.7	3.9	0
3	5.7	0.5	3.3	9.5	6.6	8.5	3.8	0
4	11.4	1.0	6.6	0	5.0	6.4	2.8	4.7
5	8.3	0.7	4.8	4.6	4.8	6.2	2.8	4.6
6	5.4	0.5	3.2	9.0	4.7	6.1	2.7	4.5
7	10.8	0.9	6.3	0	3.2	4.1	1.8	9.0
8	7.9	0.7	4.6	4.4	3.1	4.0	1.8	8.8
9	5.1	0.4	3.0	8.6	3.0	3.9	1.7	8.6

### 5.7. Experimentos.

Se dispusieron dos experimentos, los cuales consistieron en dos híbridos de tomate de crecimiento indeterminado; uno de tomate bola cv. 260458 de Rogers-Syngenta y otro de tomate saladette cv. V-305 de Vilmorín.

#### 5.7.1. Experimento 1.

Un híbrido de tomate bola cv. 260458 de Rogers-Syngenta de crecimiento indeterminado fue evaluado en su etapa de plántula y productiva.

El diseño experimental utilizado fue un completo al azar con cuatro repeticiones por tratamiento y un arreglo factorial de los tratamientos. Se dispusieron 36 unidades experimentales. Las variables de crecimiento y rendimiento evaluadas fueron: diámetro de tallo (DT), la altura de plántula (AP), el número de hojas verdaderas (NH), el peso fresco y seco de tallo y hojas (PFT,PST, PFH Y PSH) respectivamente (Cuadro 3); número y peso de frutos (NF, PF),(Cuadro 6) . Se analizó la concentración de



nutrimentos (sodio, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, y magnesio) en hojas y tallos con los procedimientos respectivos (Cuadro 5).

### 5.7.2. Experimento 2.

Un híbrido de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) cv. V-305 de Vilmorín de crecimiento indeterminado tipo saladette fue evaluado en su etapa de plántula, midiéndose en ocho plántulas por tratamiento el diámetro de tallo (DT), la altura de plántula (AP), el número de hojas verdaderas (NH), el peso fresco y seco de tallo y hojas (PFT, PST, PFH Y PSH) respectivamente ( Cuadro 4).

Se analizó la concentración de nutrimentos ( sodio, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, y magnesio) en hojas y tallos con los procedimientos respectivos (Cuadro 7).

Cuadro 4. Efecto de la relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre las variables de crecimiento, diámetro de tallo (DT), altura de plántula (AP), número de hojas verdaderas (NH), peso fresco de hoja (PFH) peso fresco de tallo (PFT), peso seco de tallo (PST), y peso seco de hoja (PSH) de tomate (cv. V-305). Valores promedio de ocho repeticiones.

Factor	DT (mm)	AP (cm)	NH (n)	PFT (g)	PST (g)	PFH (g)	PSH (g)
$\text{Ca}^{2+}/\text{NO}_3^-$							
0/500	4.7 a <sup>1</sup>	24.4 a	4.8 a	4.4 a	0.34 a	4.4 a	0.45 a
25/75	4.3 a	22.0 b	4.7 a	4.2 a	0.31 b	4.6 a	0.46 a
50/50	4.2 a	18.9 c	4.3 b	3.3 a	0.25 c	3.7 b	0.35 b
$\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{Ca}^{2+}$							
0/500	4.2 a	23.4 a	4.0 a	4.2 a	0.31 a	4.5 b	0.44 a
25/75	4.3 a	22.2 a	4.4 a	4.8 a	0.30 a	5.1 a	0.44 a
50/50	4.3 a	20.0 a	4.2 b	2.0 c	0.28 b	3.2 c	0.32 b
$\text{SO}_4^{2-}/\text{Ca}^{2+}$							
0/500	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
$\text{Na}^+/\text{K}^+$	0.232	1.960	0.270	0.380	0.020	0.369	0.046

<sup>1</sup> Los valores con la misma letra en cada columna no difieren significativamente con la prueba de Tukey (p < 0.05). ns = no significativo.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Cuando la interacción de los factores sobre alguna variable evaluada fue significativa, únicamente se analizaron los efectos de dicha interacción, sin discutir los efectos principales en las variables antes mencionadas, ya que una interacción significativa indica que los factores no son independientes entre sí, y el conocimiento de la interacción es más útil que el conocimiento de los efectos principales (Montgomery, 2002).

### 6.1. Relación Cl<sup>-</sup>/aniones y Na<sup>+</sup>/cationes en las variables de crecimiento de plántulas de tomate bola.

La relación Cl<sup>-</sup>/aniones en la solución nutritiva afectó estadísticamente las variables altura de plántula (AP), número de hojas (NH), peso seco de tallo (PST) y el peso seco de hoja (PSH) (Cuadro 3), cuyos menores valores se obtuvieron con la relación 50/50. La relación Na<sup>+</sup>/cationes presentó significancia en las variables NH, PST y PSH, donde los menores valores se obtuvieron con la relación 50/50.

**Cuadro 3.** Efecto de la relación Cl<sup>-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> en la solución nutritiva sobre las variables de crecimiento, diámetro de tallo(DT), altura de planta(AP), número de hojas(NH), peso fresco de hoja(PFH) peso fresco de tallo(PFT), peso seco de tallo(PST), y peso seco de hoja(PSH) de tomate bola(E1). Valores promedio de ocho repeticiones.

Factor	DT (mm)	AP (cm)	NH (#)	PFT (g)	PST (g)	PFH (g)	PSH (g)
Cl <sup>-</sup> /An <sup>-</sup>							
0/100	4.3 a <sup>z</sup>	24.4 a	4.6 a	4.4 a	0.34 a	4.4 a	0.45 a
25/75	4.3 a	22.3 b	4.7 a	4.2 a	0.31 b	4.6 a	0.46 a
50/50	4.2 a	18.9 c	4.1 b	3.3 a	0.21 c	3.7 b	0.35 b
Na <sup>+</sup> /Cat <sup>+</sup>							
0/100	4.2 a	23.4 a	4.8 a	4.2 b	0.31 a	4.5 b	0.44 a
25/75	4.3 a	22.2 a	4.4 b	4.8 a	0.30 a	5.1 a	0.44 a
50/50	4.3 a	20.0 a	4.2 b	2.9 c	0.26 b	3.2 c	0.38 b
Cl <sup>-</sup> X Na <sup>+</sup>	ns	ns	ns	**	ns	**	ns
DMSH	0.232	1.860	0.264	0.380	0.029	0.359	0.045

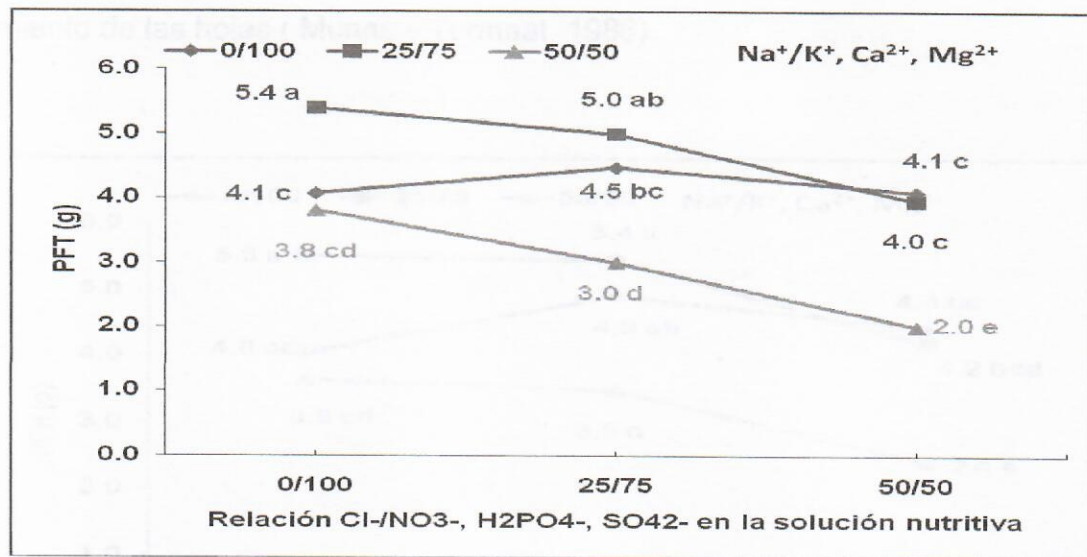
<sup>z</sup>Medias con letras iguales dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05.

Cl<sup>-</sup>/An<sup>-</sup> = relación cloro-aniones, Na<sup>+</sup>/Cat<sup>+</sup> = relación sodio-cationes. <sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup>. No significativo, significativo a una P≤0.05 respectivamente. , DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.



## 6.2. Interacción Cloro x Sodio en el peso fresco de tallo de plántulas de tomate bola.

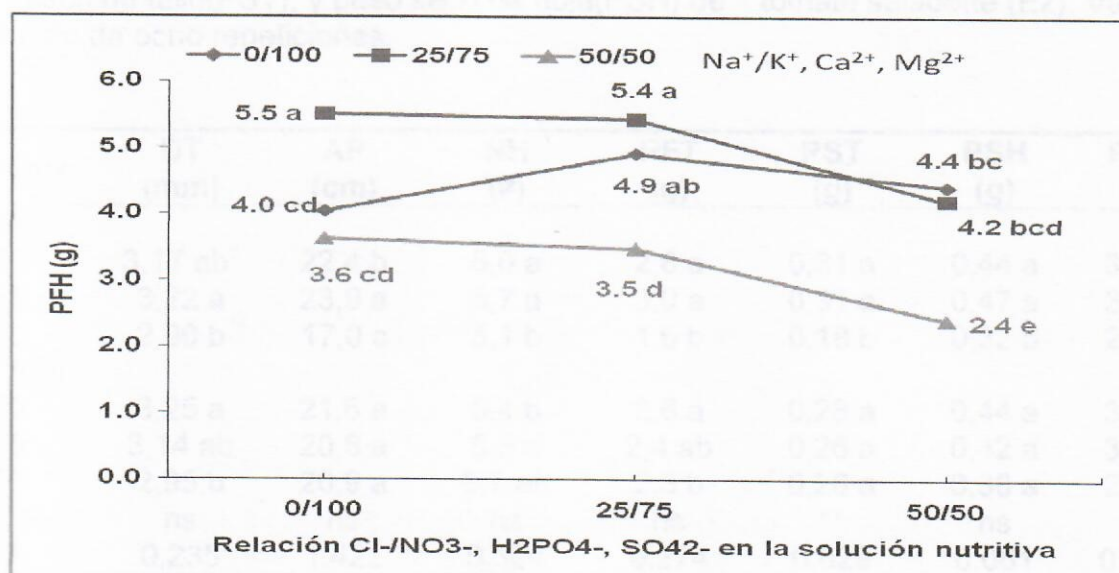
La interacción Cloro X Sodio afectó significativamente el PFT (figura 2), donde los valores mayores se obtuvieron con la combinación  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  de 0/25 y 25/25 mientras que el valor menor de la variable se observó con la relación 0/50, 25/50 y 50/50 de  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  en la solución nutritiva, lo cual indica una reducción en la respuesta del peso fresco del tallo a medida que se incrementa la concentración de cloro con 50% de sodio.



**Figura 2.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  X  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre el peso fresco de tallo (PFT) en plántulas de tomate bola. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

### 6.3. Interacción Cloro x Sodio en el peso fresco hoja de plántulas de tomate bola.

La interacción  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  en el peso fresco de hojas (PFH) ( figura 3) presentó el mayor valor con la relación 0/25 y 25/25, mientras que el menor peso fue de 2.4 g para la concentración 50/50 en la solución nutritiva. El incremento en la concentración de sodio produce una disminución en la respuesta de la variable PFH. Lo anterior se fundamenta en que el balance general del agua en la planta se ve afectado, ya que para mantener el flujo de agua la planta necesita bajar el potencial hídrico para mantener un gradiente óptimo de potencial hídrico entre la solución y las hojas. Esta disminución de la capacidad de absorción de agua lleva consigo una disminución del crecimiento de las hojas ( Munns y Termaat, 1986).



**Figura 3.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  X  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre el peso fresco de hoja (PFH) en plántulas de tomate bola. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .



#### 5.4. Relación Cl<sup>-</sup>/aniones y Na<sup>+</sup>/cationes en las variables de crecimiento de plántulas de tomate saladette.

Las variables diámetro de tallo (DT), altura de planta (AP), número de hojas (NH), peso fresco de tallo (PFT), y peso seco de hoja, (PSH) fueron afectadas estadísticamente por la relación Cl<sup>-</sup>/aniones en la solución nutritiva; obteniéndose los valores menores con la relación 50/50 (cuadro 4). La relación Na<sup>+</sup>/cationes afectó significativamente el DT, NH, PFT, así como el peso fresco de hojas (PFH) cuyos menores valores correspondieron a la relación 50/50 en la solución nutritiva.

**Cuadro 4.** Efecto de la relación Cl<sup>-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> en la solución nutritiva sobre las variables de crecimiento, diámetro de tallo(DT), altura de planta(AP), número de hojas(NH), peso fresco de tallo(PFT), peso fresco de hoja(PFH); peso seco de tallo(PST), y peso seco de hoja(PSH) de tomate saladette (E2). Valores promedio de ocho repeticiones.

Factor	DT (mm)	AP (cm)	NH (#)	PFT (g)	PST (g)	PSH (g)	PFH (g)
Cl <sup>-</sup> /An <sup>-</sup>							
50/50	3,17 ab <sup>z</sup>	22,4 b	6,0 a	2,8 a	0,31 a	0,44 a	3.1 a
25/75	3,22 a	23,9 a	5,7 a	3,0 a	0,31 a	0,47 a	3.0 a
10/90	2,96 b	17,0 c	5,1 b	1,6 b	0,18 b	0,32 b	2.8 a
Na <sup>+</sup> /Cat <sup>+</sup>							
50/50	3,25 a	21,6 a	5,4 b	2,6 a	0,28 a	0,44 a	3.3 a
25/75	3,14 ab	20,8 a	5,8 a	2,4 ab	0,26 a	0,42 a	3.5 a
10/90	2,95 b	20,9 a	5,7 ab	2,3 b	0,26 a	0,38 a	2.1 b
Cl <sup>-</sup> /Na <sup>+</sup>	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
DMSH	0.235	1.422	0.304	0.274	0.029	0.061	0.404

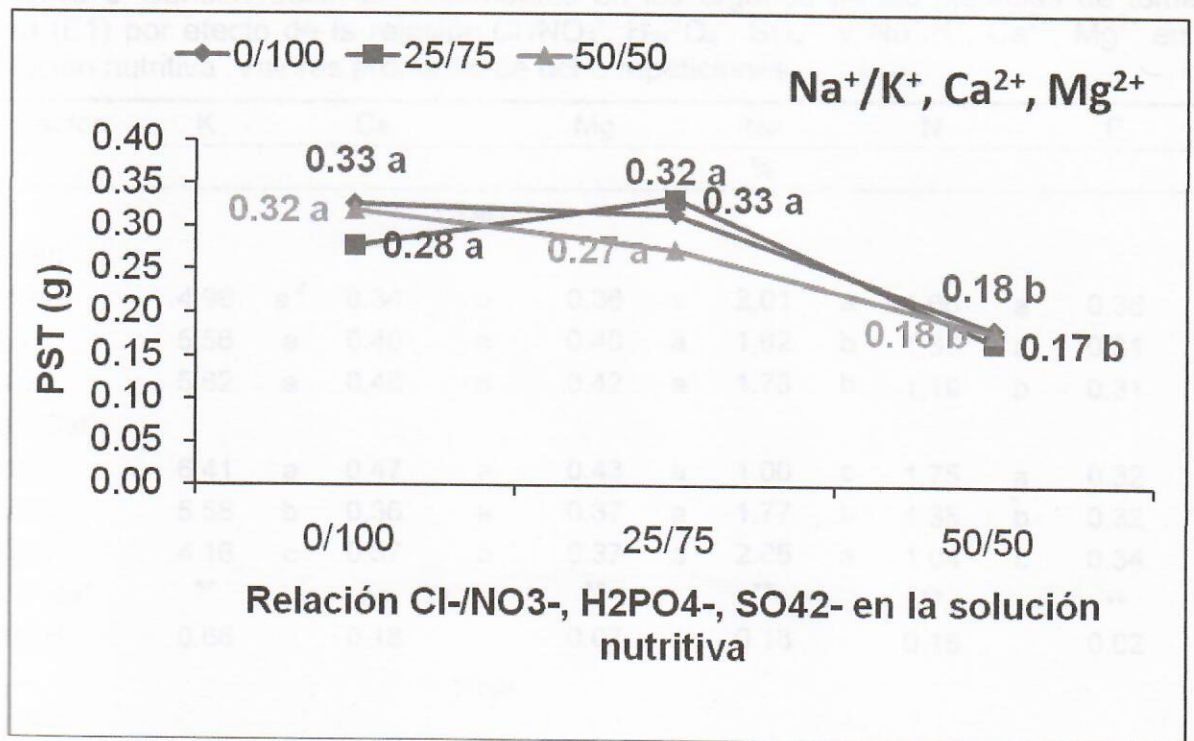
Los valores iguales dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05.

Cl<sup>-</sup>/An<sup>-</sup> = relación cloro-aniones, Na<sup>+</sup>/Cat<sup>+</sup> = relación sodio-cationes. ns, \*\* No significativo, significativo a una P≤0.05

DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.

### 6.5. Interacción Cl x Na en el peso seco de tallo de plántulas de tomate saladette.

La interacción  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  afectó estadísticamente el peso seco de tallo (PST), observándose el valor menor con las relaciones de 50/0, 50/25 y 50/50 de  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$ , en la solución nutritiva (figura 4). Magan *et al.* (2005) encontraron una relación lineal negativa entre la absorción de nutrientes y la producción de materia seca con el sodio y cloro, lo cual indica una fuerte acumulación de ambos elementos en el material vegetal.



**Figura 4.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  x  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre el peso seco de tallo (PST) en plántulas de tomate saladette. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

La reducción del crecimiento fue además reportada como resultado del descenso en la absorción de nitrógeno con el incremento en el nivel de salinidad (Khan *et al.*, 1994). Aunque los científicos por lo general concuerdan en que el estrés salino perjudica el crecimiento, producción de materia seca, y la absorción de nutrientes, aún no está bien entendido, en que etapa las plantas son más sensibles.



## 6.6. Relación Cl<sup>-</sup>/aniones y Na<sup>+</sup>/cationes en la concentración de nutrimentos en tallo y hoja de plántulas de tomate bola.

La relación Cl<sup>-</sup>/aniones y Na<sup>+</sup>/cationes no afectó estadísticamente las concentraciones de nutrimentos en tallo (cuadro 5). La relación sodio/cationes afectó las concentraciones de K, Ca y Mg en hojas con la relación 50/50 en la solución nutritiva de plántulas de tomate bola.

**Cuadro 5.** Concentración de nutrimentos en los órganos de las plántulas de tomate bola (E1) por efecto de la relación Cl<sup>-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> en la solución nutritiva. Valores promedio de ocho repeticiones.

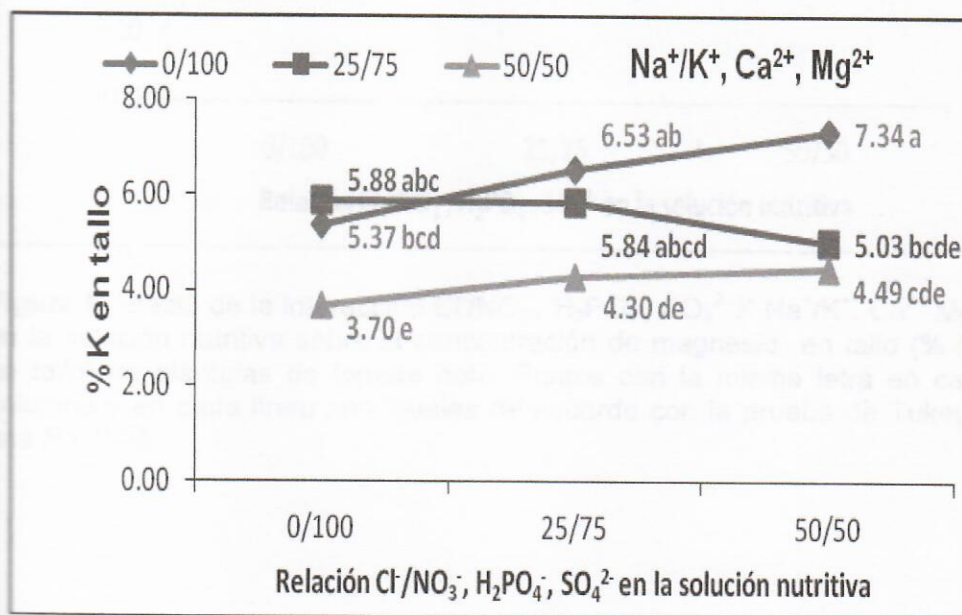
Factor	K		Ca		Mg		Na		N		P	
	%											
Tallo												
Cl <sup>-</sup> /An <sup>-</sup>												
0/100	4.98	a <sup>z</sup>	0.34	a	0.36	a	2.01	a	1.65	a	0.36	a
25/75	5.56	a	0.40	a	0.40	a	1.62	b	1.30	b	0.31	b
50/50	5.62	a	0.46	a	0.42	a	1.78	b	1.19	b	0.31	b
Na <sup>+</sup> /Cat <sup>+</sup>												
0/100	6.41	a	0.47	a	0.43	a	1.00	c	1.75	a	0.32	a
25/75	5.58	b	0.36	a	0.37	a	1.77	b	1.35	b	0.32	a
50/50	4.16	c	0.37	a	0.37	a	2.65	a	1.04	c	0.34	a
Cl <sup>-</sup> X Na <sup>+</sup>	**		ns		**		**		**		**	
DMSH	0.66		0.18		0.07		0.18		0.18		0.02	
Hoja												
Cl <sup>-</sup> /An <sup>-</sup>												
0/100	4.24	a	1.00	b	1.48	a	1.78	a	2.05	a	0.34	a
25/75	4.31	a	1.21	ba	1.56	a	1.44	b	1.88	ab	0.30	b
50/50	4.24	a	1.27	a	1.45	a	1.36	b	1.63	b	0.27	c
Na <sup>+</sup> /Cat <sup>+</sup>												
0/100	4.77	a	1.43	a	1.40	a	0.88	c	2.27	a	0.31	b
25/75	4.68	a	1.24	a	1.73	b	1.53	b	1.64	b	0.25	c
50/50	3.34	b	0.81	b	1.37	b	2.17	a	1.65	b	0.35	a
Cl <sup>-</sup> X Na <sup>+</sup>	ns		ns		ns		**		**		**	
DMSH	0.81		0.24		0.33		0.31		0.41		0.02	

\* Medias con letras iguales dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05.

Cl<sup>-</sup> /An<sup>-</sup> = relación cloro-aniones, Na<sup>+</sup> /Cat<sup>+</sup> = relación sodio-cationes. ns, \*\* No significativo, significativo a una P≤0.05 respectivamente, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta

### 5.7. Interacción $\text{Cl}^- \times \text{Na}^+$ en la concentración de potasio en tallo de plántulas de tomate bola.

La interacción  $\text{Cl}/\text{Na}$  afectó significativamente la concentración de potasio en tallo (%K en tallo) (figura 5) de plántulas de tomate bola. Con la relación 0/50 se observó la menor concentración de K en tallo. En cuanto a los efectos nutricionales, altas concentraciones de  $\text{Na}^+$  en la solución externa causan una disminución en las concentraciones de  $\text{K}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$  en los tejidos de las plantas. Estas reducciones se pueden deber al antagonismo del  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  por los sitios de absorción en las raíces, el efecto del  $\text{Na}^+$  en el transporte al xilema o a la inhibición de los procesos de absorción (Hu y Schimdhalter, 2005). El grado de tolerancia de las plantas a la salinidad aumenta si su sistema para la absorción selectiva de  $\text{K}^+$  en lugar de  $\text{Na}^+$  es más eficiente (Ashraf, 2004, Carden et al., 2003).

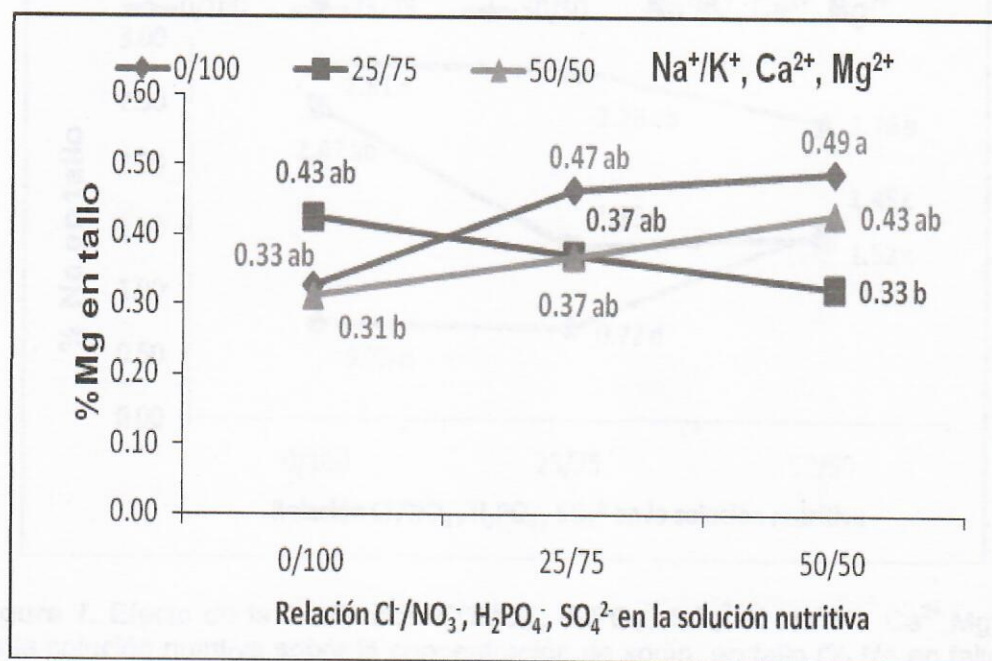


**Figura 5.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre la concentración de potasio en tallo (% K en tallo) de plántulas de tomate bola. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .



### 6.8. Interacción $\text{Cl}^- \times \text{Na}^+$ en la concentración de magnesio en tallo de plántulas de tomate bola.

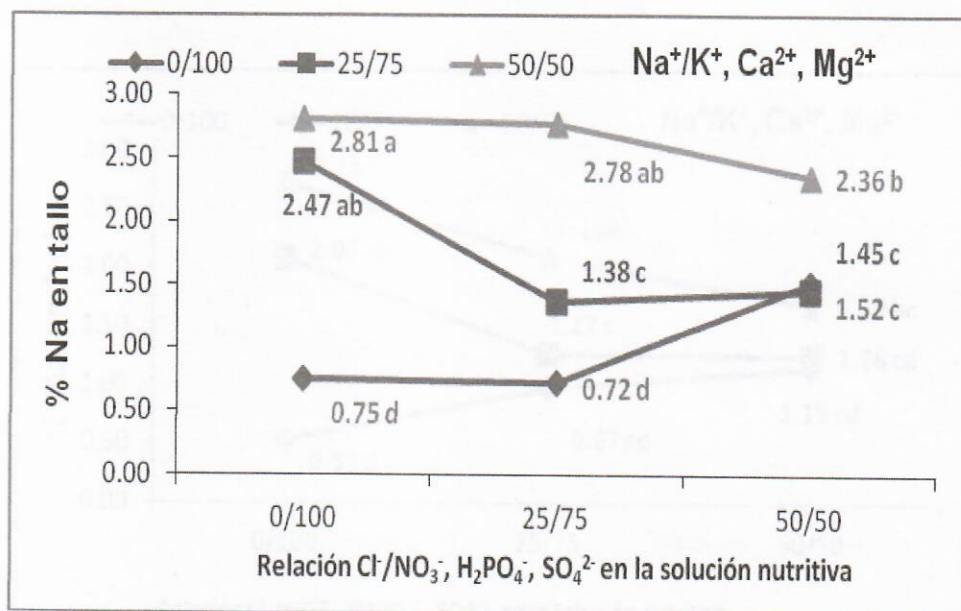
En la interacción  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  respecto a la concentración de magnesio en tallo (% Mg en tallo) (figura 6), se observa el mayor valor con la relación 50/0 de  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  en la solución nutritiva.



**Figura 6.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre la concentración de magnesio en tallo (% Mg en tallo) de plántulas de tomate bola. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

**6.9. Interacción  $\text{Cl}^- \times \text{Na}^+$  en la concentración de sodio en tallo de plántulas de tomate bola.**

La concentración de sodio en tallo (% Na en tallo) (figura 7) se vió afectada significativamente por la interacción Cl/Na en la solución nutritiva en plántulas de tomate bola. el mayor valor se obtuvo con la relación 0/50 el cual fue de 2.81%.

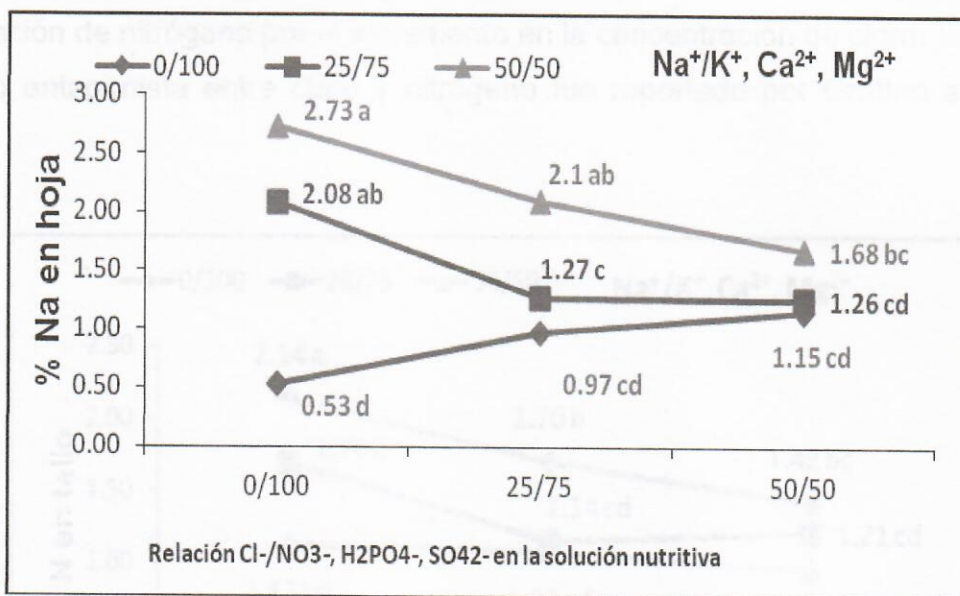


**Figura 7.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre la concentración de sodio en tallo (% Na en tallo) de plántulas de tomate bola. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .



**6.10. Interacción  $\text{Cl}^-$  X  $\text{Na}^+$  en la concentración de sodio en hoja de plántulas de tomate bola.**

En la variable concentración de sodio en hoja se apreció interacción significativa, observándose la más alta concentración de 2.73% con la relación 0/50 de  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$ .



**Figura 8.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  X  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre la concentración de sodio en hojas (% Na en hoja) de plántulas de tomate bola. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

Interacción  $Cl^- \times Na^+$  en la concentración de nitrógeno en tallo de plántulas de tomate bola.

En la figura 9 se observa una interacción significativa  $Cl/Na$  en la concentración de nitrógeno en tallo (% N en tallo), correspondiendo el mayor valor a la relación 0/0 de  $Cl/Na$  en la solución nutritiva en la figura se observa una disminución en la concentración de nitrógeno por el incremento en la concentración de cloro. Un efecto antagonista entre cloro y nitrógeno fue reportado por Grattan and Grieve, (1989).

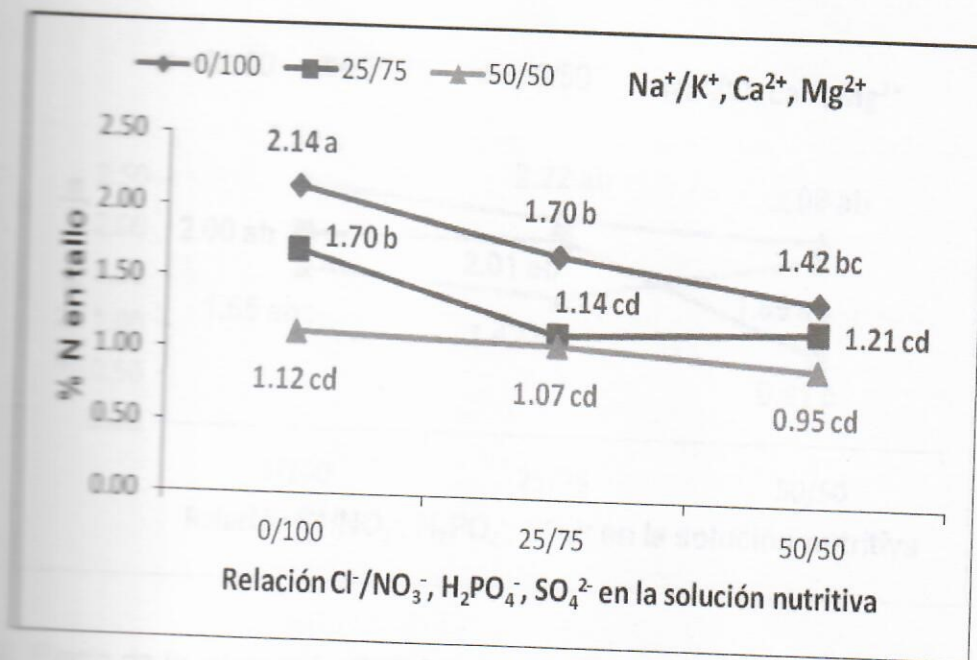
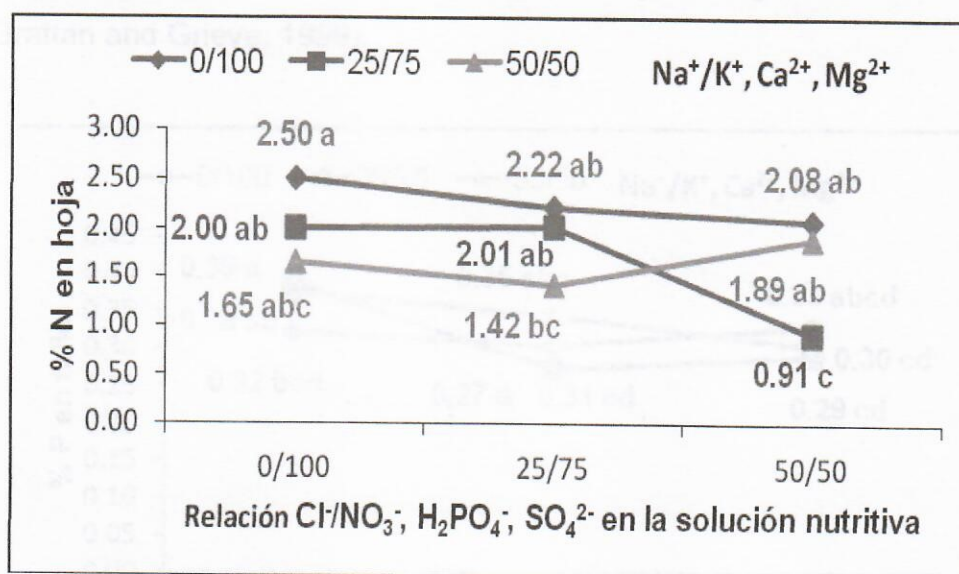


Figura 9. Efecto de la interacción  $Cl^-/NO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $SO_4^{2-} \times Na^+/K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  en la solución nutritiva sobre la concentración de nitrógeno en tallo (% N en tallo) en plántulas de tomate bola. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .



### 6.12. Interacción $\text{Cl}^- \times \text{Na}^+$ en la concentración de nitrógeno en hoja de plántulas de tomate bola.

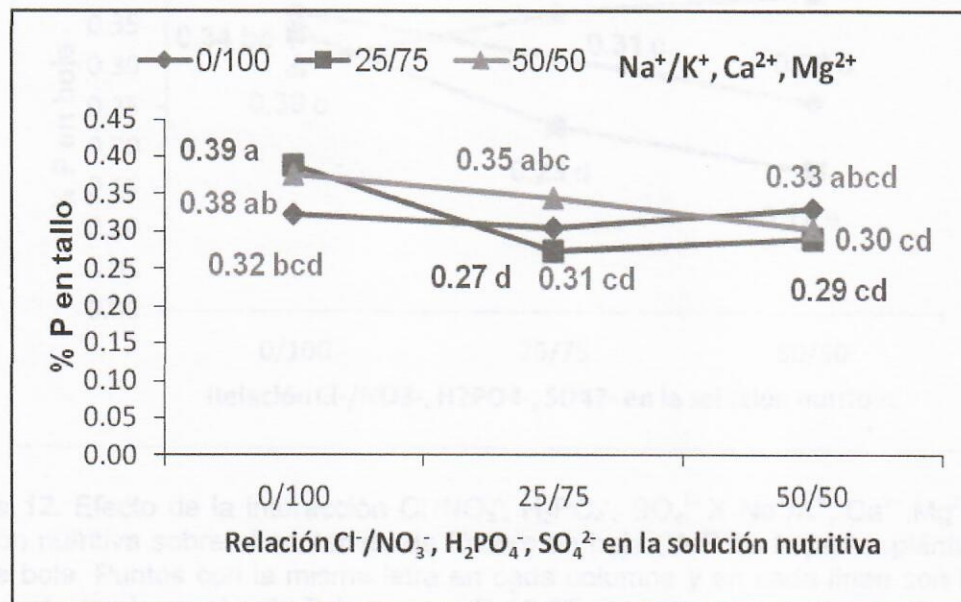
Se encontró interacción significativa  $\text{Cl}/\text{Na}$  en la concentración de nitrógeno en hoja (% N en hoja) (figura 10) de plántulas de tomate bola obteniéndose el mayor valor con la relación 0/0 de  $\text{Cl}/\text{Na}$  en la solución nutritiva y el menor valor con la relación 50/25, lo que indica una disminución en la concentración de nitrógeno por el incremento en la concentración de cloro. Un incremento en la absorción y acumulación de cloro es frecuentemente acompañado por un decremento en la concentración de  $\text{N-NO}_3^-$  en hojas (Grattan and Grieve, 1999).



**Figura 10.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-; \text{H}_2\text{PO}_4^-; \text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre la concentración de nitrógeno en hoja (% N en hoja) en plántulas de tomate bola. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

### 6.13. Interacción $\text{Cl}^-$ X $\text{Na}^+$ en la concentración de fósforo en tallo de plántulas de tomate bola.

La concentración de fósforo en tallo (% P en tallo) (figura 11), fue afectada estadísticamente encontrándose interacción significativa entre los factores  $\text{Cl}/\text{Na}$ , observándose el mayor valor con la relación 0/25 de  $\text{Cl}/\text{Na}$ , mientras que el menor valor de P se obtuvo con 25/25. La literatura reporta situaciones donde altos niveles de sal – fósforo pueden: (1) disminuir las concentraciones de fósforo en tejido vegetal (la mayoría de los casos), (2) incrementar las concentraciones de P, o (3) no hay efecto (Rogers *et al*, 2003). La mayoría de los estudios que muestran una reducción en las concentraciones de fósforo por efecto del  $\text{NaCl}$  en tejidos vegetales fueron hechos en suelos (Grattan and Grieve, 1999).

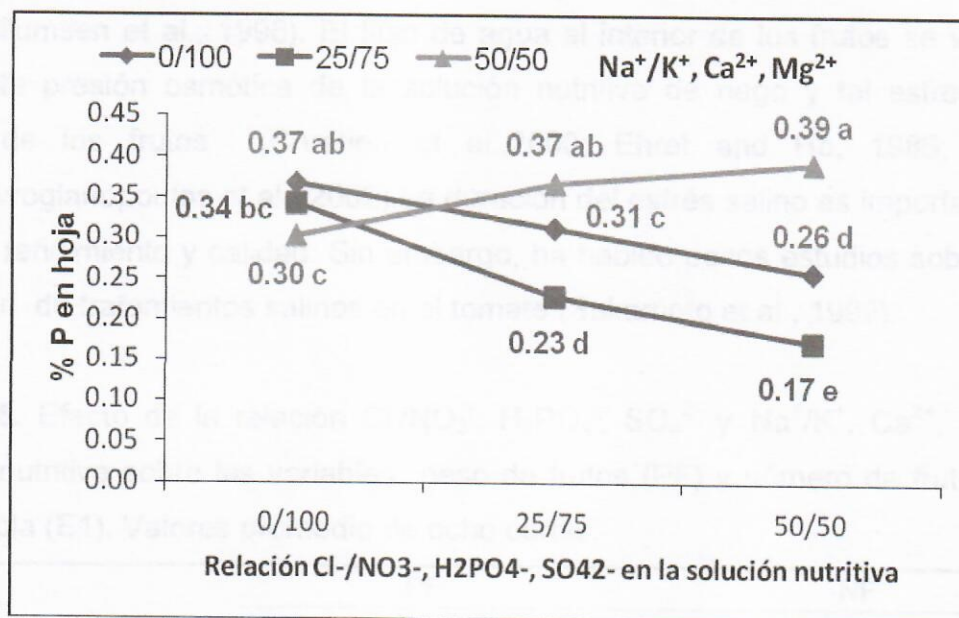


**Figura 11.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}/\text{NO}_3^-, \text{H}_2\text{PO}_4^-, \text{SO}_4^{2-}$  X  $\text{Na}^+/\text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre la concentración de fósforo en tallo (% P en tallo) en plántulas de tomate bola. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .



#### 6.14. Interacción Cl<sup>-</sup> X Na<sup>+</sup> en la concentración de fósforo en hoja de plántulas de tomate bola.

En la variable fósforo en hoja (% P en hoja) (figura 12), se observó interacción significativa entre los factores ClxNa, correspondiendo el valor mayor a la relación Cl/Na 50/50 y el menor a la relación 50/25. El NaCl no tiene efecto significativo en la concentración de fósforo en los brotes; el incremento de la concentración de fósforo en los brotes se piensa que es controlado a nivel radicular y es independiente de la composición de la sal, aunque el mecanismo exacto es desconocido (Rogers *et al*, 2003).



**Figura 12.** Efecto de la interacción Cl<sup>-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> X Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> en la solución nutritiva sobre el contenido de fósforo en hoja (% P en hoja) en plántulas de tomate bola. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

La interacción entre salinidad y nutrición fosfórica es particularmente compleja. La respuesta de las plantas pueden variar de acuerdo a factores tales como la especie o cultivar examinado, la etapa de crecimiento, el nivel de NaCl y la forma de P, así como las condiciones ambientales del experimento. (Grattan and Grieve, 1999).

### 6.15. Efecto de la relación Cl/aniones y Na/cationes en el peso y número de frutos de tomate bola.

Los efectos principales de la relación Cl/aniones y Na/cationes afectaron significativamente el peso de frutos (PF) y número de frutos (NF) (cuadro 6); no observándose significancia en la interacción de los factores ClxNa. La salinidad a 30 y 60 Mm NaCl reducen el rendimiento de frutos de tomate cultivados en sistema hidropónico bajo invernadero comparado con el obtenido a 0 mM NaCl (Carvajal *et al*, 2000). El estrés salino provoca una disminución del rendimiento como consecuencia de la reducción en el peso de los frutos, pero no en el número de los mismos (Li *et al.*, 2001; Willumsen *et al.*, 1996). El flujo de agua al interior de los frutos se ve reducida por la alta presión osmótica de la solución nutritiva de riego y tal estrés inhibe el tamaño de los frutos (Chretien *et al.*, 2000; Ehret and Ho, 1986; Li *et al.*, 2001; Mavrogianopoulos *et al.*, 2002). La duración del estrés salino es importante ya que afecta el rendimiento y calidad. Sin embargo, ha habido pocos estudios sobre la etapa y duración de tratamientos salinos en el tomate (Sakamoto *et al.*, 1999).

**Cuadro 6.** Efecto de la relación Cl<sup>-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> en la solución nutritiva sobre las variables peso de frutos (PF) y número de frutos (NF) de tomate bola (E1). Valores promedio de ocho cortes.

Factor	PF		NF	
	g			
Cl <sup>-</sup> /An <sup>-</sup>				
0/100	3040.80	a <sup>z</sup>	23.00	a
25/75	2733.30	a	21.00	ab
50/50	2088.10	b	17.83	b
Na <sup>+</sup> /Cat <sup>+</sup>				
0/100	3003.80	a	23.42	a
25/75	2729.30	a	21.25	a
50/50	2129.10	b	17.17	b
Cl <sup>-</sup> X Na <sup>+</sup>	ns		ns	
DMSH	446.79		3.56	

<sup>z</sup> Medias con letras iguales dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. Cl<sup>-</sup> /An<sup>-</sup> = relación cloro-aniones, Na<sup>+</sup> /Cat<sup>+</sup> = relación sodio-cationes. ns, \*\* No significativo, significativo a una P≤0.05 respectivamente, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.



### 6.16. Relación Cl<sup>-</sup>/aniones y Na<sup>+</sup>/cationes en el contenido de nutrimentos en tallo y hoja de plántulas de tomate saladete.

Se observó significancia estadística en los efectos principales de la relación Cl<sup>-</sup>/aniones en el contenido de N en tallo y de la relación Na<sup>+</sup>/cationes sobre la concentración de K, en tallo. El K, Ca y N en hoja fueron afectados significativamente por la relación cloro/aniones, observándose el menor valor con la relación porcentual 50/50.

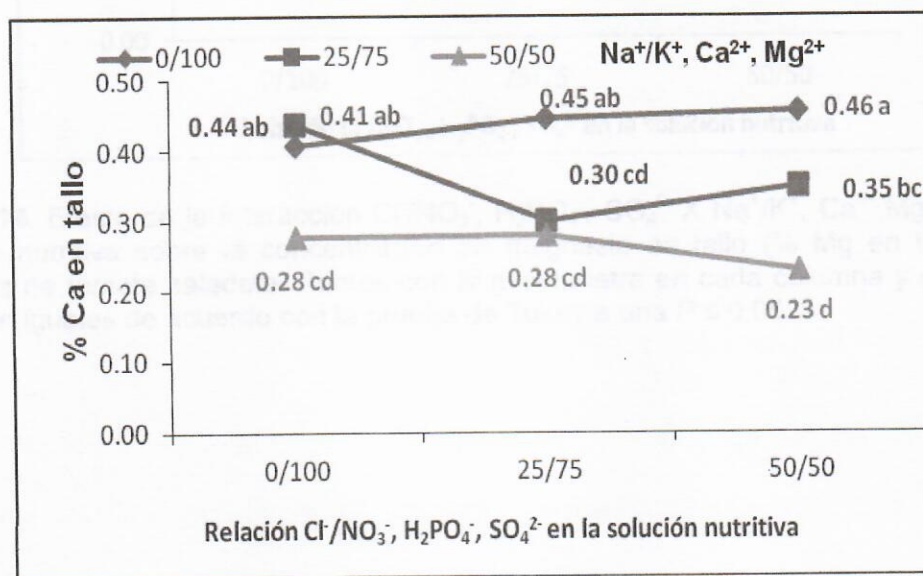
**Cuadro 7.** Contenido de nutrimentos en los órganos de las plántulas de tomate saladete (E2) por efecto de la relación Cl<sup>-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> en la solución nutritiva. Valores promedio de ocho repeticiones.

Factor	K		Ca		Mg		Na		N		P	
	%											
Tallo												
Cl <sup>-</sup> /An <sup>-</sup>												
0/100	4.82	a	0.37	a	0.27	b	1.59	a	1.33	a	0.38	a
25/75	4.71	a	0.34	a	0.29	b	1.33	b	0.88	b	0.39	a
50/50	4.63	a	0.34	a	0.35	a	1.41	b	0.71	b	0.38	a
Na <sup>+</sup> /Cat <sup>+</sup>												
0/100	4.88	a	0.44	a	0.34	a	0.78	c	1.13	a	0.34	b
25/75	4.71	ab	0.36	b	0.29	b	1.54	b	0.88	a	0.4	a
50/50	4.56	b	0.26	c	0.28	b	2.01	a	0.92	a	0.41	a
Cl <sup>-</sup> XNa <sup>+</sup>	ns		**		**		**		ns		ns	
DMSH	0.31		0.04		0.04		0.13		0.25		0.02	
Hoja												
Cl <sup>-</sup> /An <sup>-</sup>												
0/100	3.57	a <sup>z</sup>	0.92	a	1.01	a	1.13	a	2.07	a	0.4	a
25/75	3.05	b	0.82	ab	0.94	ab	0.75	b	1.58	b	0.38	a
50/50	2.90	b	0.81	b	0.86	b	0.62	c	1.01	c	0.3	b
Na <sup>+</sup> /Cat <sup>+</sup>												
0/100	3.26	a	0.98	a	0.89	b	0.48	c	1.79	a	0.36	a
25/75	3.01	b	0.82	b	0.86	b	0.78	b	1.74	a	0.36	a
50/50	3.25	a	0.75	b	1.06	a	1.23	a	1.13	b	0.36	a
Cl <sup>-</sup> XNa <sup>+</sup>	ns		ns		ns		ns		ns		**	
DMSH	0.21		0.11		0.11		0.11		0.24		0.02	

<sup>z</sup> Medias con letras iguales dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. Cl<sup>-</sup>/An<sup>-</sup> = relación cloro-aniones, Na<sup>+</sup>/Cat<sup>+</sup> = relación sodio-cationes. <sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup>. No significativo, significativo a una P≤0.05 respectivamente, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.

### 6.17. Interacción $\text{Cl}^- \times \text{Na}^+$ en la concentración de calcio en tallo de plántulas de tomate saladete.

La concentración de calcio en tallo (%Ca en tallo) (figura 13) se afectó estadísticamente por la interacción entre los factores  $\text{Cl} \times \text{Na}$ , (cuadro 7) observándose el mayor valor con la relación 50/0 y el menor valor correspondió a la relación 50/50 de  $\text{Cl}/\text{Na}$ . Bajo altos niveles de  $\text{NaCl}$  las plantas absorben más sodio, mientras que la absorción de potasio y calcio es significativamente reducida. El calcio juega un rol crucial en el mantenimiento de la estructura e integridad funcional la membrana celular y tiene, además, una función importante en la estabilización de la pared celular, regulación del transporte iónico y selectividad y activación de las enzimas de la pared celular (Ashharf, *et al.* 2004).

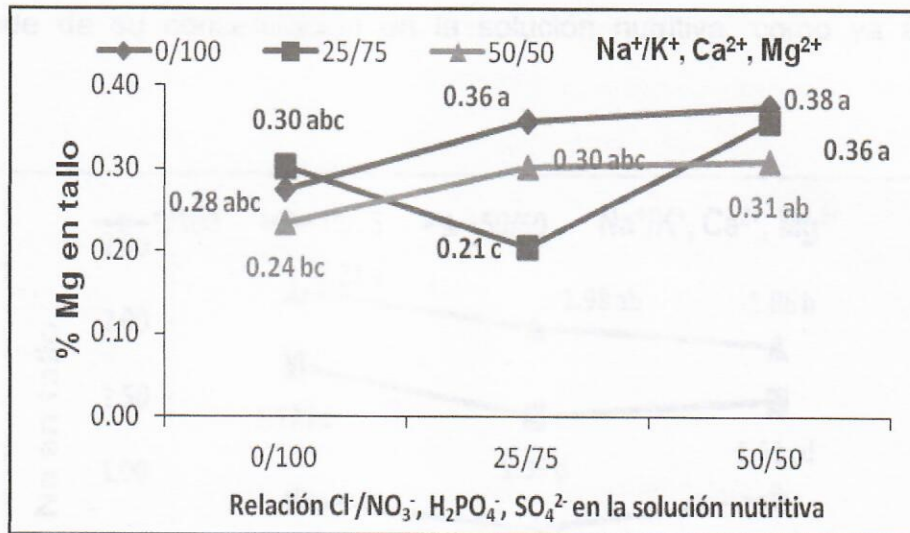


**Figura 13.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre el concentración de calcio en tallo (% Ca en tallo) en plántulas de tomate saladete. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .



**6.18. Interacción  $\text{Cl}^- \times \text{Na}^+$  en la concentración de magnesio en tallo de plántulas de tomate saladete.**

La concentración de magnesio en tallo (% Mg en tallo) (figura 14) se vió afectada significativamente por la interacción de los factores cloro/sodio; el valor mayor se obtuvo con la relación 50/0 de Cl/Na, mientras que el valor menor correspondió a la relación 25/25.

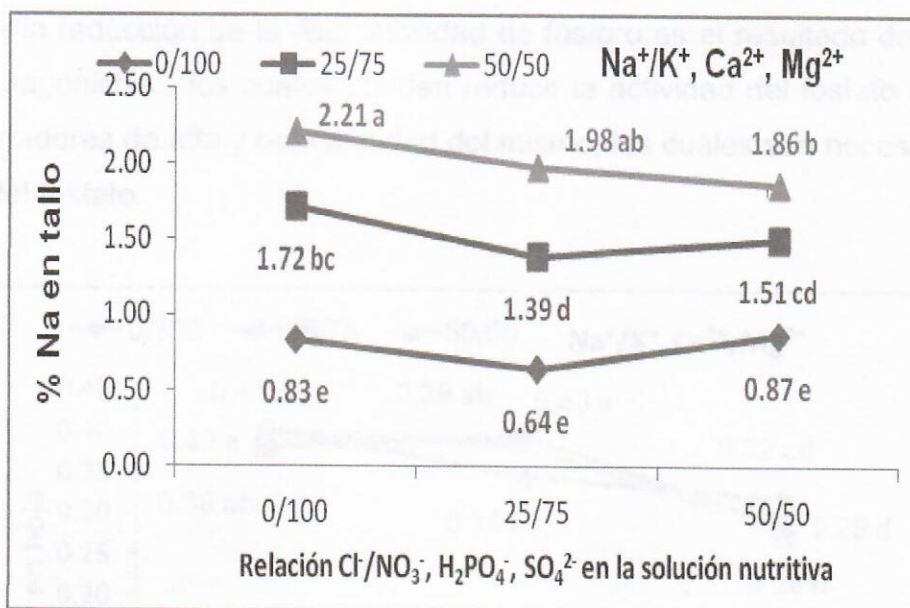


**Figura 14.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre la concentración de magnesio en tallo (% Mg en tallo) en plántulas de tomate saladete. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

**Figura 15.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre la concentración de sodio en tallo (% Na en tallo) en plántulas de tomate saladete. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

**6.19. Interacción  $\text{Cl}^- \times \text{Na}^+$  en la concentración de sodio en tallo de plántulas de tomate saladete.**

La concentración de sodio en tallo (% Na en tallo) (figura 15), se vió afectado por la interacción  $\text{Cl}/\text{Na}$ . El mayor valor se obtuvo con la relación 0/50 y el menor con las relaciones 0/0, 25/0, 50/0 de  $\text{Cl}/\text{Na}$  en la solución nutritiva; la concentración de sodio en tallo depende de su concentración en la solución nutritiva, como ya antes se ha descrito.



**Figura 15.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre la concentración de sodio en tallo (% Na en tallo) en plántulas de tomate saladete. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

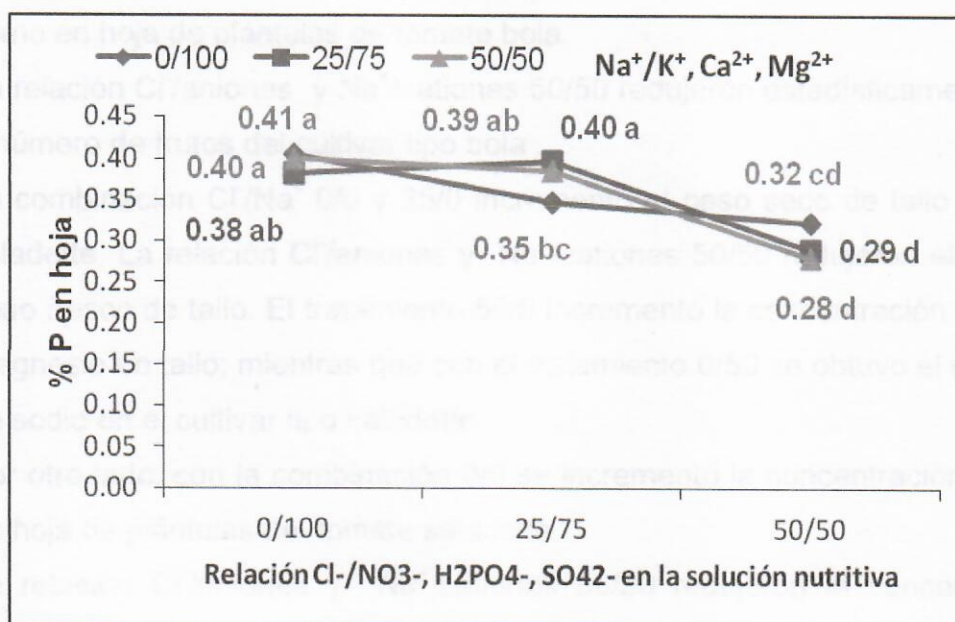


## VII. CONCLUSIONES

### 6.20. Interacción $\text{Cl}^- \times \text{Na}^+$ en la concentración de fósforo en hoja de plántulas de tomate saladete.

La interacción cloro/sodio, afectó significativamente la concentración de fósforo en hoja (HP) (figura 16).

En la mayoría de los casos, altos niveles de NaCl en la solución acarrea una reducción en la concentración de fósforo en los tejidos vegetales, pero los resultados de algunos estudios muestran que la sal puede incrementarse pero no afecta la absorción y acumulación de P (Sonneveld & de Kreij, 1999, Kaya et al. 2001). Kochian (2000) sugiere que la reducción de la disponibilidad de fósforo es el resultado de la actividad de iones antagonistas, los cuales pueden reducir la actividad del fosfato así como de los transportadores de alta y baja afinidad del mismo, los cuales son necesarios para la absorción del fosfato.



**Figura 16.** Efecto de la interacción  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-} \times \text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución nutritiva sobre la concentración de fósforo en hoja (% P en hoja) en plántulas de tomate saladete. Puntos con la misma letra en cada columna y en cada línea son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

## VII. CONCLUSIONES.

- La combinación  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  de 0/25 y 25/25 en la solución nutritiva incrementó el peso fresco de tallo y el peso fresco de hoja de plántulas de tomate bola. Las relaciones porcentuales  $\text{Cl}^-/\text{aniones}$  y  $\text{Na}^+/\text{cationes}$ , 50/50 redujeron estadísticamente el número de hojas, el peso seco del tallo y el peso seco de hojas del cultivar tipo bola.
- La combinación  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  de 50/0 incrementó la concentración de potasio y magnesio en tallo; mientras el tratamiento 0/50 elevó la concentración de sodio en tallo y hoja. En el tratamiento 0/0 se incrementó la concentración de nitrógeno en tallo y hoja. La concentración de fósforo en tallo fue mayor con el tratamiento 0/25, la relación porcentual  $\text{Na}^+/\text{cationes}$ , 50/50 redujo la concentración de potasio, calcio y magnesio en hojas; mientras que la relación  $\text{Cl}^-/\text{aniones}$ , 50/50 redujo la concentración de nitrógeno y fósforo tanto en tallo como en hoja de plántulas de tomate bola.
- La relación  $\text{Cl}^-/\text{aniones}$  y  $\text{Na}^+/\text{cationes}$  50/50 redujeron estadísticamente el peso y número de frutos del cultivar tipo bola .
- La combinación  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+$  0/0 y 25/0 incrementó el peso seco de tallo de tomate saladette. La relación  $\text{Cl}^-/\text{aniones}$  y  $\text{Na}^+/\text{cationes}$  50/50 redujeron el diámetro y peso fresco de tallo. El tratamiento 50/0 incrementó la concentración de calcio y magnesio en tallo; mientras que con el tratamiento 0/50 se obtuvo el mayor valor de sodio en el cultivar tipo saladette.
- Por otro lado, con la combinación 0/0 se incrementó la concentración de fósforo en hoja de plántulas de tomate saladette.
- La relación  $\text{Cl}^-/\text{aniones}$  y  $\text{Na}^+/\text{cationes}$  50/50 redujeron la concentración de nitrógeno y calcio en hoja. La relación  $\text{Cl}^-/\text{aniones}$  50/50 bajó la concentración de nitrógeno en tallo y hoja de plántulas de tomate saladette.



## VII. LITERATURA CITADA.

- Alcántar, G. G.; Sandoval, V. M. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.
- Ashraf, . 2004. Some Important Physiological Selection Criteria for Salt Tolerance in Plants. *Flora*, Vol. 199. pp. 361 – 377.
- Balibrea ME, Cuartero J, Bolarín MC, Pérez-Alfocea F. 2003. Sucrolytic activities during fruit development of *Lycopersicon* genotypes differing in tolerance to salinity. *Physiol. Plant*, 118: 38-46.
- Barkia B. J., R. V. Estrella, E. Balderas, O. Pantoja- 2007. Mecanismos de tolerancia a la salinidad en plantas. *Biotecnología* ,14: 263 – 271.
- Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen, pp. 1149-1178. *In*: C. A. Black (ed.). *Methods of soil analysis*. (Part 2). (Agronomy 9). American Society of Agronomy. Madison, WI.
- Bronwyn J. B., Vera E.R., Balderas E. y Pantoja O. 2007. *Biotecnología V14 CS3.indd* 263.
- Burns G, Billard TC, Matsui KM (1990) Salinity threat to Upper Egypt. *Nature* 344:25.
- Caniguante R.S. *et al*,(2009). Respuesta de los cvs. de tomate (*solanumlycopersicum* l.) "poncho negro" y naomi en diferentes condiciones de crecimiento y la aplicación de un bioestimulante natural fartum® en condiciones de salinidad. *IDESIA* (Chile), 27:3,17-28.
- Carden, D.E., Walker, D.J., Flowers, T.J. & Miller, A.J. (2003). Single-cell measurements of the contributions of cytosolic Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> to salt tolerance. *Plant Physiology*, 131, 676–683, ISSN 0032 0889.
- Carvajal, M., Cerdá, A., y Martínez, V. 2000. Modification of the response of saline stressed tomato plants by the correction of cation disorders. *Plant Growth Regulation* 30: 37–47.



- Chen, W., He, L. Z., Yang, E. X., Mishra, X., and Stoffella, J. P. 2010. Chlorine nutrition of higher plants: progress and perspectives. *Journal of Plant Nutrition*, 33:943–952.
- Chretien, S., Gosselin, A. and Dorais, M., 2000. High electrical conductivity and radiation-based water management improve fruit quality of greenhouse tomatoes grown in rockwool. *HortScience* 35: 627–631.
- CIDH, 2011. Comisión para la Investigación y Defensa de las Hortalizas. Cierre de ciclo de hortalizas. CAADES, Sinaloa, México, A.C.
- Costa J, Nuez F, Anastasio G, Palomares G 1990 The use *Lycopersicon cheesmanii* in breeding for salt-tolerant tomatoes. *Rep Tomato Genet Coop* 40:9–10.
- Cuartero J, Bolarin MC, Asins MJ, Moreno V .2006. Increasing salt tolerance in the tomato. *J. Exp. Bot.*, 57(5): 1045-1058
- D. Massaa, L. Incroccib, R. Magginib, G. Carmassib, C.A. Campiottic, A. Pardossi b.2010. Strategies to decrease water drainage and nitrate emission from soilless cultures of greenhouse tomato. *Agricultural Water Management* 97, 971–980.
- Ehret, D. and L. C. Ho. 1986. The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. *J. Hort. Sci.* 61: 361–367.
- Elshourbagy MN, Ahmed AM .1975. Responses of 2 varieties of tomato to abrupt and gradual short-period sodium chloride exposure. *Plant Soil* 42:255–271.
- Fixen, P. E. 1993. Crop responses to chloride. *Advances in Agronomy* 50:107-151. Academic Press, Inc.
- Foolad MR, Lin GY, Chen FQ.1999. Comparison of QTLs for seed germination under non-stress, cold stress and salt stress in tomato. *Plant Breed* 118:167–173.
- Foolad MR.1997 Genetic basis of physiological traits related to salt tolerance in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Plant Breed* 116:53–58.
- Ghassemi F, Jakeman AJ, Nix HA. 1995. Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management. UNSW Press.
- Grattan, S. R. y C. M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 78:127-157.
- Guohua X., Magen H., Tarchitzky J., Kafafi U. 2000. Advances in chloride nutrition of plants. *Advances in Agronomy* 68:97-150. Academic Press, Inc.



- Hebbar S., Ramachandrappa B.K., Nanjappa H.V.; Prabhakar M. 2004. Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *European Journal of Agronomy* 21: 117-127.
- Hu, Y. , Schimdhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168: 541-549.
- Jing J., Tian-lai L., Shao-wei L., Shuang L.. 2007. The Relationship Between the Added NaCl of Different Concentration and the Development of Tomato Fruits under the Soilless Culture. *Northern Hortic.*, 7: 49-51.
- Juarez H., Ma. de J., Baca C. G. A., Lorenzo A., *et al.* Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *INCI*, abr. 2006, vol.31, no.4, p.246-253. ISSN 0378-1844.
- Kaya, C., Kirnak, H. , Higgs, D. (2001). Enhancement of growth and normal growth parameters by foliar application of potassium and phosphorus in tomato cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 24, 357-367, ISSN 0190 4167.
- Khan, M.G., M. Silberbush , S. H. Lips, 1994. Physiological studies on salinity and nitrogen interaction in alfalfa. 1. Biomass production and root development. *J. Plant Nut.*, 17: 657-668.
- Kochian, L.V. (2000). Molecular physiology of mineral nutrient acquisition, transport and utilization. In: *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. B.B. Buchan, W. Gruissen, R.L. Jones (Eds.) American Society of Plant Physiology, Rockville, EUA, pp. 1204-1249, ISBN 09430 88399.
- Li J., Liu L., Bai Y., Zhang P., Finkers R., Du Y., Visser R. , Van Heusden A. 2010. Seedling salt tolerance in tomato. *Euphytica*. DOI 10.1007/s10681-010-0321-x.
- Magan *et al.*, 2005. Uptake Concentrations of a Tomato Crop in Different Salinity Conditions. *Acta Hort.* 697 ISHS 2005.
- Li, Y. L., C. Stanghellini, H. Challa. 2001. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Sci. Hort.* 88: 11-29.

- Maris P. Apsea,1, Eduardo Blumwaldb,2007. Na<sup>+</sup> transport in plants FEBS Letters 581 (2007) 2247–2254.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>nd</sup> ed., pp. 396-404. Academic Press, San Diego, CA.
- Mavrogianopoulos, G., D. Savvas , V. Vogli. 2002. Influence of NaCl-salinity imposed on half of the root system of hydroponically grown tomato on growth, yield, and tissue mineral composition. J. Hort. Sci. Biotech. 77: 557–564.
- Mengel, K. y E. A. Kirkby. 2000. Principios de Nutrición Vegetal. Traducción al Español de la 4a edición (1987) de R. J. Melgar y M. Ruíz. International Potash Institute. Basel, Switzerland.
- Montgomery, D. C. 2002. Diseño y Análisis de Experimentos. Segunda Edición. Traducción al Español de Rodolfo Piña García. Editorial Limusa, S. A. de C. V. México, D.F., 686 p.
- Moraes C.. 1997. *Hidroponia: Como cultivar tomates em sistema NFT*. Jundiaí: DISQ Editora. 143p.
- Munns R, Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59, 651–681.
- Munns, R., Termaat, A. 1986. Whole-plant responses to salinity. Australian Journal of Plant Physiology, 13: 143-160.
- Pardossi, A., Malorgio, F., Incrocci, L., Carmassi, G., Maggini, R., Massa, D., Tognoni, F. 2006. Simplified models for the water relations of soilless cultures: what they do or suggest for sustainable water use in intensive horticulture. Acta Hort. 718, 425–434.
- Rengasamy P (2006) World salinization with emphasis on Australia. J Exp Bot 57(5):1017–1023.
- Rengasamy P. 2010. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. Australian Journal of Soil Research 37, 613–620.
- Rodríguez, H.; Rodríguez, J. 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas: Criterios de Interpretación. Editorial Trillas: UANL.



- Romero-Aranda, R., Soria, T. & Cuartero, J. (2001). Tomato plant water uptake and plantwater relationships under saline growth conditions. *Plant Science*, 160, 265–72, ISSN 0168 9452.
- Rogers, M. E., Grieve, C.M., Shannon, M. C. 2003. Plant growth and ion relations in lucerne (*Medicago sativa* L.) in response to the combined effects of NaCl and P. *Plant and Soil* 253: 187–194, *the Netherlands*.
- Rush DW, E Epsmten. 1976 .Genotypic responses to salinity: differences between salt-sensitive and salt-tolerant genotypes of the tomato. *Plant Physiol* 57: 162-166.
- Rush D., Epstein E. 1981. Comparative studies on the sodium, potassium, and chloride relations of a wild halophytic and a domestic salt-sensitive tomato species. *Plant Physiol.* 68, 1308-1313.
- Sakamoto, Y., S. Watanabe, T. Nakashima and K. Okano. 1999. Effects of salinity at two ripening stages on the fruit quality of single-truss tomato grown in hydroponics. *J. Hort. Sci. Biotech.* 74: 690–693.
- Saranga Y, Cahaner A, Zamir D, Marani A, Rudich J. 1992. Breeding tomatoes for salt tolerance: inheritance of salt tolerance and related traits in interspecific populations. *Theor Appl Genet* 84:390–396.
- SAS Institute Inc. 2004. *What's New in SAS® 9.0, 9.1, 9.1.2, and 9.1.3*. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.
- Savvas, D., 2002. Nutrient solution recycling. In: Savvas, D., Passam, H.C. (Eds.), *Hydroponic Productions of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 299–343.
- Shannon, M.C., Grieve, C.M. & Francois, L.E. (1994). Whole-plant response to salinity. In: *Plant–Environment Interactions*, R.E. Wilkinson (Ed.), Marcel Dekker, New York, pp. 199–244. ISBN 08247 03774.
- Schwarz, M. 1995. *Soilless Culture Management*. Advances Series in Agricultural Sciences 24. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Shao-wei L., Tian-lai L., Jing J. 2010. Effects of tomato fruit under Na<sup>+</sup> -salt and Cl<sup>-</sup> -saltstresses on sucrose metabolism. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 5(16), pp. 2227-2231.



- Shi H., Tadashi I. (2001). Influence of Different Concentrations of Nutrient Solution and Salt Supplement on Tomato Fruit Quality and Yield. *China Vegetables*, 4: 9-11. (in Chinese).
- Sonneveld, C. y de Kreij, C. (1999). Response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to an unequal distribution of salt in the root environment. *Plant and Soil*, 209, 47-56, ISSN 0032079X.
- Stanghellini, C., Kempkes, F., Pardossi, A., Incrocci, L., 2005. Closed water loop in greenhouses: effect of water quality and value of produce. *Acta Hortic.* 691, 233-241.
- Steiner, A. A. 1961. A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired Composition. *Plant Soil*. 15: 134-154.
- Steiner, A. A. 1984. The Universal Nutrient Solution. En *Proc 6th Int. Cong. Soilless Cult.* pp. 633-649.
- Takeshi S., N. Fukuda and S. Nishimura. 2006. Effects of Salinity Treatment Duration and Planting Density on Size and Sugar Content of Hydroponically Grown Tomato Fruits. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 75 (5): 392-398.
- Tavakkoli E, Rengasamy P, Mcdonald GK. 2010a. High concentrations of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. *Journal of Experimental Botany* 61, 4449-4459.
- Tavakkoli E, Rengasamy P, Mcdonald GK. 2010b. The response of barley to salinity stress differs between hydroponics and soil systems. *Functional Plant Biology* 37, 621-633.
- Tavakkoli, E., Fatehi, F., Coventry, S., Rengasamy, P., and McDonald G.K. 2011. Additive effects of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ions on barley growth under salinity stress. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 62, No. 6, pp. 2189-2203.
- Teakle NL, Tyerman SD. 2010. Mechanisms of Cl<sup>-</sup> transport contributing to salt tolerance. *Plant, Cell and Environment* 33, 566-589.
- Urquides, L. A. y Moreno, D. 1996. Apuntes para el curso de meteorología. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agronomía. Culiacán, Sinaloa.



- Villa, C. M., E. A. Catalán, M. A. Inzunza, A. L. Ulery. (2008). Absorción y traslocación de sodio y cloro en plantas de chile fertilizadas con nitrógeno y crecidas con estrés salino. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 29 (1).
- Volkmar, K. M., Hu Y., y Steppuhn, H. 1998. Physiological responses of plants to salinity: A review. *Can. J. Plant Sci.* 78:19-27.
- White PJ, Broadley MR. 2001. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review. *Annals of Botany* 88, 967–988.
- Wild A. 2003. *Soils, land and food: managing the land during the twenty-first century.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Willumsen, J., K. K. Petersen and K. Kaack. 1996. Yield and blossom-end rot of tomato affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. *J. Hort. Sci.* 71: 81–98.
- Xu G, Magen H, Tarchitzky J, Kafkafi U. 2000. Advances in chloride nutrition of plants. *Advances in Agronomy* 68, 97–150.
- Zhang K, Yu Z, Li X, Zhou W, Zhang D. 2007. Land use change and land degradation in China from 1991 to 2001. *Land Degrad Dev* 18:209–219.

## VIII. APÉNDICE

Cuadro 1A . Tratamientos y solución nutritiva.

Tratamientos		Plántula				Tratamientos		Plántula				Tratamientos		Plántula					
CI/Na				Trasplante	CI/Na				Trasplante	CI/Na				Trasplante	CI/Na				Trasplante
<b>T1</b>		50%	75%	100%	<b>T4</b>		50%	75%	100%	<b>T7</b>		50%	75%	100%	<b>T2</b>		50%	75%	100%
<b>0/0</b>	mgL <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	gr40L <sup>-1</sup>	<b>0/25</b>	mgL <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	gr40L <sup>-1</sup>	<b>0/50</b>	mgL <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	gr40L <sup>-1</sup>	<b>25/0</b>	mgL <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	gr40L <sup>-1</sup>
MgSO4.7H2O	246.5	2464.5	3696.75	19.72	KH2PO4	64.65	646.5	969.75	5.17	KH2PO4	61.25	612.5	918.75	4.90	KH2PO4	49.67	496.7	745.05	3.97
K2SO4	130.7	1307	1960.5	10.46	K2SO4	82.75	827.5	1241.25	6.62	KNO3	113.7	1137	1705.5	9.10	K2SO4	222.2	2222	3333	17.78
KNO3	151.7	1516.5	2274.75	12.13	KNO3	107.7	1076.5	1614.75	8.61	Ca(NO3)2	239.1	2391	3586.5	19.13	KCl	36.15	361.5	542.25	2.89
KH2PO4	68.05	680.5	1020.75	5.44	Na2SO4	168.3	1683	2524.5	13.46	Mg(NO3)2	115.4	1154	1731	9.23	Ca(NO3)2	516	5160	7740	41.28
Ca(NO3)2	531.4	5313.5	7970.25	42.51	Ca(NO3)2	377.8	3778	5667	30.22	Na2SO4	223.7	2237	3355.5	17.90	MgCl2	197.8	1978	2967	15.82
				0.00	Mg(NO3)2	182	1820	2730	14.56	NaNO3	114.7	1147	1720.5	9.18					0.00
<b>T5</b>		50%	75%	100%	<b>T8</b>		50%	75%	100%	<b>T3</b>		50%	75%	100%	<b>T6</b>		50%	75%	100%
<b>25/25</b>	mgL <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	gr40L <sup>-1</sup>	<b>25/50</b>	mgL <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	gr40L <sup>-1</sup>	<b>50/0</b>	mgL <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	gr40L <sup>-1</sup>	<b>50/25</b>	mgL <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	mg10L <sup>-1</sup>	gr40L <sup>-1</sup>
KH2PO4	46.95	469.5	704.25	3.76	KH2PO4	44.9	449	673.5	3.59	KH2PO4	32	320	480	2.56	KH2PO4	30.62	306.2	459.3	2.45
K2SO4	90.15	901.5	1352.25	7.21	KNO3	122.3	1223	1834.5	9.78	K2SO4	144.2	1442	2163	11.54	K2SO4	137.2	1372	2058	10.98
KNO3	105.2	1051.5	1577.25	8.41	NaCl	128.2	1282	1923	10.26	KCl	105.5	1055	1582.5	8.44	KCl	131.2	1312	1968	10.50
NaCl	134.7	1347	2020.5	10.78	MgSO4	108.4	1084	1626	8.67	Ca(NO3)2	334.7	3347	5020.5	26.78	NaCl	137.3	1373	2059.5	10.98
Ca(NO3)2	367.8	3678	5517	29.42	Ca(NO3)2	233.2	2332	3498	18.66	CaCl2	78.5	785	1177.5	6.28	CaCl2	19.15	191.5	287.25	1.53
MgSO4	170.7	1706.5	2559.75	13.65	Na2SO4	101.2	1012	1518	8.10	MgCl2	192.2	1922	2883	15.38	Ca(NO3)2	318.2	3182	4773	25.46
					NaNO3	65.8	658	987	5.26						KCl	41.75	417.5	626.25	3.34



**Cuadro 2A.** Análisis de varianza de altura de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	546.152778	68.2690972	9.48	<.0001
cloro	2	363.361111	181.680556	25.22	<.0001
sodio	2	145.006944	72.5034722	10.06	0.0002
cloro*sodio	4	37.7847222	9.4461806	1.31	0.2755
Error	63	453.84375	7.203869		
Total	71	999.996528			
R <sup>2</sup>	C.V.	Raíz CME	MEDIA		
0.546155	12.27362	2.684002	21.86806		

**Cuadro 3A.** Análisis de varianza de diámetro de tallo de plántula de tomate bola (E1).

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	1.245	0.155625	1.39	0.2175
cloro	2	0.19	0.095	0.85	0.4324
sodio	2	0.21333333	0.10666667	0.95	0.3907
cloro*sodio	4	0.84166667	0.21041667	1.88	0.1246
Error	63	7.04375	0.11180556		
Total	71	8.28875			
R <sup>2</sup>	C.V.	Raíz CME	Media		
0.150204	7.82923	0.334373	4.270833		

**Cuadro 4A.** Análisis de varianza de numero de hojas (NH) de plántula de tomate bola (E1).

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	8.75	1.09375	7.55	<.0001
cloro	2	4.08333333	2.04166667	14.1	<.0001
sodio	2	4.33333333	2.16666667	14.96	<.0001

cloro*sodio	4	0.33333333	0.08333333	0.58	0.6815
Error	63	9.125	0.14484127		
Total	71	17.875			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.48951	8.536378	0.38058	4.458333		

**Cuadro 5A.** Análisis de varianza de peso fresco de tallo de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	65.285	8.160625	27.17	<.0001
cloro	2	14.9158333	7.45791667	24.83	<.0001
sodio	2	42.6608333	21.3304167	71.01	<.0001
cloro*sodio	4	7.70833333	1.92708333	6.42	0.0002
Error	63	18.92375	0.30037698		
Total	71	84.20875			
R <sup>2</sup>	C.V.	Raíz CME	Media		
0.775276	13.80231	0.548067	3.970833		

**Cuadro 6A.** Análisis de varianza de peso seco de tallo de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.27636111	0.03454514	19.69	<.0001
cloro	2	0.22595278	0.11297639	64.38	<.0001
sodio	2	0.03991944	0.01995972	11.37	<.0001
cloro*sodio	4	0.01048889	0.00262222	1.49	0.2146
Error	63	0.11055	0.00175476		
Total	71	0.38691111			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.714275	14.64112	0.04189	0.286111		

**Cuadro 7A.** Análisis de varianza de peso fresco de hojas de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	63.0325	7.8790625	29.37	<.0001
cloro	2	11.4533333	5.72666667	21.34	<.0001



sodio	2	44.2658333	22.1329167	82.5	<.0001
cloro*sodio	4	7.31333333	1.82833333	6.81	0.0001
Error	63	16.9025	0.26829365		
Total	71	79.935			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.788547	12.25966	0.517971	4.225		

**Cuadro 8A.** Análisis de varianza de peso seco de hojas de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.238125	0.02976563	7.02	<.0001
cloro	2	0.16503333	0.08251667	19.47	<.0001
sodio	2	0.05665833	0.02832917	6.69	0.0023
cloro*sodio	4	0.01643333	0.00410833	0.97	0.4306
Error	63	0.2669625	0.0042375		
Total	71	0.5050875			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.471453	15.51446	0.065096	0.419583		

**Cuadro 9A.** Análisis de varianza de contenido de potasio en tallo de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	42.19645	5.27455625	12.44	<.0001
cloro	2	3.00215	1.501075	3.54	0.0431
sodio	2	31.0996167	15.54980833	36.69	<.0001
cloro*sodio	4	8.09468333	2.02367083	4.77	0.0048
Error	27	11.44455	0.42387222		
Total	35	53.641			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.786645	12.09	0.651055	5.386667		

**Cuadro 10A.** Análisis de varianza de contenido de calcio en tallo de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.28365556	0.03545694	1.12	0.3817
cloro	2	0.07708889	0.03854444	1.22	0.3119
sodio	2	0.08387222	0.04193611	1.32	0.2828

cloro*sodio	4	0.12269444	0.03067361	0.97	0.4409
Error	27	0.855175	0.03167315		
Total	35	1.13883056			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.249076	44.65	0.17797	0.398611		

**Cuadro 11A.** Análisis de varianza de contenido de magnesio en tallo de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.13397222	0.01674653	3.56	0.0061
cloro	2	0.02360556	0.01180278	2.51	0.1
sodio	2	0.02500556	0.01250278	2.66	0.0882
cloro*sodio	4	0.08536111	0.02134028	4.54	0.0062
Error	27	0.126925	0.00470093		
Total	35	0.26089722			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.513506	17.57	0.068563	0.390278		

**Cuadro 12A.** Análisis de varianza de contenido de sodio en tallo de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	21.5141556	2.68926944	85.43	<.0001
cloro	2	0.90110556	0.45055278	14.31	<.0001
sodio	2	16.3599389	8.17996944	259.86	<.0001
cloro*sodio	4	4.25311111	1.06327778	33.78	<.0001
Error	27	0.8499	0.03147778		
Total	35	22.3640556			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.961997	9.835	0.17742	1.803889		

**Cuadro 13A.** Análisis de varianza de contenido de potasio en hojas en de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	17.2576056	2.15720069	3.33	0.0088
cloro	2	0.03737222	0.01868611	0.03	0.9716
sodio	2	15.4564389	7.72821944	11.94	0.0002
cloro*sodio	4	1.76379444	0.44094861	0.68	0.6109



Error	27	17.470225	0.64704537
Total	35	34.7278306	
$R^2$	C. V.	Raíz CME	Media
0.496939	18.87	0.804391	4.263611

**Cuadro 14A.** Análisis de varianza de contenido de calcio en hojas de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	3.4228	0.42785	7.6	<.0001
cloro	2	0.49295	0.246475	4.38	0.0226
sodio	2	2.38081667	1.19040833	21.14	<.0001
cloro*sodio	4	0.54903333	0.13725833	2.44	0.0714
Error	27	1.5207	0.05632222		
Total	35	4.9435			
$R^2$	C. V.	Raíz CME	Media		
0.692384	20.49	0.237323	1.158333		

**Cuadro 15A.** Análisis de varianza de contenido de Magnesio en hojas de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	1.64278889	0.20534861	1.9	0.101
cloro	2	0.08173889	0.04086944	0.38	0.6882
sodio	2	0.97550556	0.48775278	4.52	0.0202
cloro*sodio	4	0.58554444	0.14638611	1.36	0.2749
Error	27	2.912575	0.10787315		
Total	35	4.5536389			
$R^2$	C. V.	Raíz CME	Media		
0.360627	21.94	0.32844	1.496944		

**Cuadro 16A.** Análisis de varianza de contenido de sodio en hojas de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
----	----	----	----	------------	--------

Modelo	8	14.7475722	1.84344653	19.29	<.0001
cloro	2	1.15342222	0.57671111	6.04	0.0068
sodio	2	9.94667222	4.97333611	52.05	<.0001
cloro*sodio	4	3.64747778	0.91186944	9.54	<.0001
Error	27	2.58005	0.09555741		
Total	35	17.3276222			

R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media
0.851102	20.23	0.309124	1.527778

**Cuadro 17A.** Análisis de varianza de contenido de nitrógeno en tallo de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	4.86433889	0.60804236	19.65	<.0001
cloro	2	1.38860556	0.69430278	22.44	<.0001
sodio	2	3.00887222	1.50443611	48.62	<.0001
cloro*sodio	4	0.46686111	0.11671528	3.77	0.0146
Error	27	0.83545	0.03094259		
Total	35	5.69978889			

R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media
0.853424	12.74161	0.175905	1.380556

**Cuadro 18A.** Análisis de varianza de contenido de nitrógeno en hojas de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	7.12078889	0.89009861	5.48	0.0004
cloro	2	1.07582222	0.53791111	3.31	0.0518
sodio	2	3.11748889	1.55874444	9.59	0.0007
cloro*sodio	4	2.92747778	0.73186944	4.5	0.0065
Error	27	4.389175	0.16256204		
Total	35	11.50996389			

R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media
0.618663	21.75811	0.40319	1.853056



**Cuadro 19A.** Análisis de varianza de contenido de fósforo en tallo de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.04688889	0.00586111	10.02	<.0001
cloro	2	0.02347222	0.01173611	20.06	<.0001
sodio	2	0.00423889	0.00211944	3.62	0.0404
cloro*sodio	4	0.01917778	0.00479444	8.19	0.0002
Error	27	0.0158	0.00058519		
Total	35	0.06268889			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.747962	7.43056	0.024191	0.325556		

**Cuadro 21A.** Análisis de varianza de peso de frutos de tomate bola

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	11039507.94	13799.387	7.26	<.0001
cloro	2	8674767.66	2837.255	15.35	<.0001
sodio	2	4802760.92	2401380.46	12.33	<.0001
cloro*sodio	4	589733.82	147433.45	0.77	0.6159
Error	27	5710576.49	211503.2		
Total	35	16390530.13			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.877289	16.84	441.4004	2030.42		

**Cuadro 22A.** Análisis de varianza de número de frutos de tomate bola

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	180.0565656	22.5070707	4.34	0.0009
cloro	2	183.8968889	91.9484444	5.87	0.0047
sodio	2	241.7222222	120.8611111	6.76	0.0056
cloro*sodio	4	75.4444444	18.8611111	1.82	0.1937
Error	27	734.5	27.1998889		
Total	35	1315.777778			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.585347	17.077	5.21775	24.07711		

**Cuadro 20 A.** Análisis de varianza de contenido de fósforo en hoja de plántula de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.17102222	0.02137778	65.04	<.0001
cloro	2	0.02415556	0.01207778	36.74	<.0001
sodio	2	0.06935556	0.03467778	105.5	<.0001
cloro*sodio	4	0.07751111	0.01937778	58.95	<.0001
Error	27	0.008875	0.0003287		
Total	35	0.17989722			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.950666	5.949743	0.01813	0.304722		

**Cuadro 21A.** Análisis de varianza de peso de frutos de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	11039503.94	1379937.99	7.08	<.0001
cloro	2	5674797.555	2837398.777	14.56	<.0001
sodio	2	4803766.562	2401883.281	12.33	0.0002
cloro*sodio	4	560939.823	140234.956	0.72	0.5859
Error	27	5260526.39	194834.31		
Total	35	16300030.33			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.677269	16.84	441.4004	2620.742		

**Cuadro 22A.** Análisis de varianza de número de frutos de tomate bola .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	480.0555556	60.0069444	4.84	0.0009
cloro	2	162.8888889	81.4444444	6.57	0.0047
sodio	2	241.7222222	120.8611111	9.76	0.0006
cloro*sodio	4	75.4444444	18.8611111	1.52	0.2237
Error	27	334.5	12.3888889		
Total	35	814.5555556			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.589347	17.07713	3.519785	20.61111		



**Cuadro 23A.** Análisis de varianza de altura de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	682.2469444	85.2808681	20.26	<.0001
cloro	2	644.2586111	322.129306	76.53	<.0001
sodio	2	7.9336111	3.9668056	0.94	0.3951
cloro*sodio	4	30.0547222	7.5136806	1.78	0.143
Error	63	265.19625	4.2094643		
Total	71	947.4431944			
R <sup>2</sup>	C.V.	Raíz CME	MEDIA		
0.720093	9.728169	2.051698	21.09028		

**Cuadro 24A.** Análisis de varianza de diámetro de tallo de plántula de tomate roma.

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	3.03444444	0.37930556	3.3	0.0033
cloro	2	0.91194444	0.45597222	3.97	0.0238
sodio	2	1.01694444	0.50847222	4.43	0.0159
cloro*sodio	4	1.10555556	0.27638889	2.41	0.0588
Error	63	7.23875	0.11490079		
Total	71	10.27319444			
R <sup>2</sup>	C.V.	Raíz CME	Media		
0.295375	10.8809	0.33897	3.115278		

**Cuadro 25A.** Análisis de varianza de numero de hojas de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	11.19444444	1.39930556	7.27	<.0001
cloro	2	8.77777778	4.38888889	22.8	<.0001
sodio	2	1.86111111	0.93055556	4.84	0.0111
cloro*sodio	4	0.55555556	0.13888889	0.72	0.5804
Error	63	12.125	0.19246032		
Total	71	23.31944444			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.480048	7.83787	0.438703	5.597222		

**Cuadro 26A.** Análisis de varianza de peso fresco de tallo de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	26.89027778	3.36128472	21.55	<.0001
cloro	2	24.47027778	12.2351389	78.44	<.0001
sodio	2	1.05027778	0.52513889	3.37	0.0408
cloro*sodio	4	1.36972222	0.34243056	2.2	0.0796
Error	63	9.82625	0.15597222		
Total	71	36.71652778			
R <sup>2</sup>	C.V.	Raíz CME	Media		
0.732375	16.07416	0.394933	2.456944		

**Cuadro 27A.** Análisis de varianza de peso seco de tallo de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.30804444	0.03850556	22.12	<.0001
cloro	2	0.28001944	0.14000972	80.42	<.0001
sodio	2	0.00470278	0.00235139	1.35	0.2665
cloro*sodio	4	0.02332222	0.00583056	3.35	0.015
Error	63	0.1096875	0.00174107		
Total	71	0.41773194			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.737421	15.8037	0.041726	0.264028		

**Cuadro 28A.** Análisis de varianza de peso fresco de hojas de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	30.77694444	3.84711806	11.34	<.0001
cloro	2	26.37194444	13.1859722	38.88	<.0001
sodio	2	1.53361111	0.76680556	2.26	0.1126
cloro*sodio	4	2.87138889	0.71784722	2.12	0.0891
Error	63	21.36625	0.33914683		
Total	71	52.14319444			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.590239	19.63941	0.582363	2.965278		



**Cuadro 29A.** Análisis de varianza de peso seco de hojas de plántula de tomate roma

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.39643611	0.04955451	6.38	<.0001
cloro	2	0.32755278	0.16377639	21.08	<.0001
sodio	2	0.03484444	0.01742222	2.24	0.1146
cloro*sodio	4	0.03403889	0.00850972	1.1	0.3666
Error	63	0.489425	0.00776865		
Total	71	0.88586111			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.447515	21.42497	0.08814	0.411389		

**Cuadro 30A.** Análisis de varianza de contenido de potasio en tallo de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	1.22932222	0.15366528	1.63	0.1614
cloro	2	0.21860556	0.10930278	1.16	0.3277
sodio	2	0.61582222	0.30791111	3.28	0.0532
cloro*sodio	4	0.39489444	0.09872361	1.05	0.3999
Error	27	2.537775	0.09399167		
Total	35	3.76709722			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.326331	6.495734	0.306581	4.719722		

**Cuadro 31A.** Análisis de varianza de contenido de calcio en tallo de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.2319	0.0289875	14.85	<.0001
cloro	2	0.00785	0.003925	2.01	0.1534
sodio	2	0.18151667	0.09075833	46.5	<.0001
cloro*sodio	4	0.04253333	0.01063333	5.45	0.0024
Error	27	0.0527	0.00195185		
Total	35	0.2846			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.814828	12.50371	0.04418	0.353333		

**Cuadro 32A.** Análisis de varianza de contenido de magnesio en tallo de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.10472222	0.01309028	7.2	<.0001
cloro	2	0.03873889	0.01936944	10.65	0.0004
sodio	2	0.02053889	0.01026944	5.65	0.0089
cloro*sodio	4	0.04544444	0.01136111	6.25	0.0011
Error	27	0.0491	0.00181852		
Total	35	0.15382222			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.6808	14.11018	0.042644	0.302222		

**Cuadro 33A.** Análisis de varianza de contenido de sodio en tallo de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	9.91035	1.23879375	72.16	<.0001
cloro	2	0.40355	0.201775	11.75	0.0002
sodio	2	9.30815	4.654075	271.1	<.0001
cloro*sodio	4	0.19865	0.0496625	2.89	0.0409
Error	27	0.463525	0.01716759		
Total	35	10.373875			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.955318	9.0832	0.131025	1.4425		

**Cuadro 34A.** Análisis de varianza de contenido de potasio en hojas de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	3.5749	0.4468625	10.05	<.0001
cloro	2	2.98261667	1.49130833	33.53	<.0001
sodio	2	0.49621667	0.24810833	5.58	0.0094
cloro*sodio	4	0.09606667	0.02401667	0.54	0.7076
Error	27	1.200775	0.04447315		
Total	35	4.775675			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.748564	6.647331	0.210887	3.1725		



**Cuadro 35A.** Análisis de varianza de contenido de calcio en hojas de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.4285	0.0535625	4.52	0.0014
cloro	2	0.09645	0.048225	4.07	0.0285
sodio	2	0.32255	0.161275	13.62	<.0001
cloro*sodio	4	0.0095	0.002375	0.2	0.9358
Error	27	0.3197	0.01184074		
Total	35	0.7482			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.572708	12.80178	0.108815	0.85		

**Cuadro 36A.** Análisis de varianza de contenido de Magnesio en hojas de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.51843889	0.06480486	5.13	0.0006
cloro	2	0.13593889	0.06796944	5.38	0.0108
sodio	2	0.29323889	0.14661944	11.6	0.0002
cloro*sodio	4	0.08926111	0.02231528	1.77	0.165
Error	27	0.341325	0.01264167		
Total	35	0.85976389			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.603001	12.0002	0.112435	0.936944		

**Cuadro 37A.** Análisis de varianza de contenido de sodio en hojas de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	5.28933889	0.66116736	52.87	<.0001
cloro	2	1.66402222	0.83201111	66.54	<.0001
sodio	2	3.44615556	1.72307778	137.8	<.0001
cloro*sodio	4	0.17916111	0.04479028	3.58	0.0181
Error	27	0.337625	0.01250463		
Total	35	5.62696389			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.939999	13.44129	0.111824	0.831944		

**Cuadro 38A.** Análisis de varianza de contenido de nitrógeno en tallo de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	3.48123889	0.43515486	7.3	<.0001
cloro	2	2.44557222	1.22278611	20.52	<.0001
sodio	2	0.41953889	0.20976944	3.52	0.0438
cloro*sodio	4	0.61612778	0.15403194	2.58	0.0595
Error	27	1.60885	0.05958704		
Total	35	5.09008889			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.683925	25.05064	0.244105	0.974444		

**Cuadro 39A.** Análisis de varianza de contenido de nitrógeno en hojas de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	10.2446222	1.28057778	23.42	<.0001
cloro	2	6.66070556	3.33035278	60.92	<.0001
sodio	2	3.29977222	1.64988611	30.18	<.0001
cloro*sodio	4	0.28414444	0.07103611	1.3	0.2952
Error	27	1.4761	0.05467037		
Total	35	11.7207222			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.874061	15.05798	0.233817	1.552778		

**Cuadro 40A.** Análisis de varianza de contenido de fósforo en tallo de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.03350556	0.00418819	7.68	<.0001
cloro	2	0.00148889	0.00074444	1.37	0.2724
sodio	2	0.03048889	0.01524444	27.95	<.0001
cloro*sodio	4	0.00152778	0.00038194	0.7	0.5985
Error	27	0.014725	0.00054537		
Total	35	0.04823056			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raíz CME	Media		
0.694696	6.087719	0.023353	0.383611		



**Cuadro 41 A.** Análisis de varianza de contenido de fósforo en hoja de plántula de tomate roma .

FV	GL	SC	CM	Valor de F	Pr > F
Modelo	8	0.0757	0.0094625	24.8	<.0001
cloro	2	0.06521667	0.03260833	85.48	<.0001
sodio	2	0.00006667	0.00003333	0.09	0.9166
cloro*sodio	4	0.01041667	0.00260417	6.83	0.0006
Error	27	0.0103	0.00038148		
Total	35	0.086			
R <sup>2</sup>	C. V.	Raiz CME	Media		
0.880233	5.476136	0.019532	0.356667		