

## RESPUESTA DE LOS CVS. DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) “PONCHO NEGRO” Y NAOMI EN DIFERENTES CONDICIONES DE CRECIMIENTO Y LA APLICACIÓN DE UN BIOESTIMULANTE NATURAL FARTUM® EN CONDICIONES DE SALINIDAD

### RESPONSE OF THE CULTIVATED TOMATO (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) “PONCHO NEGRO” AND NAOMI IN DIFFERENT GROWTH CONDITIONS AND THE APPLICATION OF A NATURAL BIOESTIMULANT FARTUM® IN CONDITIONS OF SALINITY

Sebastián Caniguante Rivera<sup>1</sup>; Luis Pizarro Arce<sup>1</sup>; Patricia Pacheco Cartagena<sup>2</sup>;  
Elizabeth Bastías Marín<sup>1</sup>

#### RESUMEN

Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento fisiológico del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cvs. “Poncho Negro” y Naomi, en condiciones de salinidad, utilizando para su nutrición la solución nutritiva ideal Hoagland (1950) y un Bioestimulante natural, a base de algas marinas, Fartum®. Las plantas fueron crecidas en condiciones controladas de invernadero. Se realizaron dos tipos de ensayos, plantas crecidas en cultivo hidropónico y plantas crecidas en sustrato inerte. En ambos tipos de ensayos se utilizaron seis tratamientos: T1, solución nutritiva Hoagland; T2, solución nutritiva Hoagland + NaCl (150 mM); T3, solución de Bioestimulante natural; T4, solución de Bioestimulante natural + NaCl (150 mM); T5, solución de Bioestimulante más un ajuste nutricional basado en el medio de Hoagland y T6, solución de Bioestimulante más un ajuste nutricional basado en el medio de Hoagland + NaCl (150 mM). El diseño fue completamente al azar con arreglo factorial de 2 x 6. Los resultados para ambas condiciones de crecimiento muestran un mayor contenido de materia seca en el tratamiento T6, es decir, la solución del Bioestimulante más el ajuste nutricional. Los análisis químicos de los macronutrientes de los tejidos vegetales, en general, mostraron similar patrón de comportamiento entre las plantas crecidas en solución nutritiva ideal y con Bioestimulante más el ajuste nutricional. En conclusión, se puede indicar que el cv. “Poncho Negro” manifestó, en la mayoría de los tratamientos, un mejor comportamiento en la entrada de nutrientes en condiciones salinas. Con el riego de la solución del Bioestimulante natural más el ajuste nutricional, en ambas condiciones de crecimiento, las plantas mostraron un comportamiento fisiológico similar a la solución Hoagland, en ambos cultivares de tomate. Además, este tratamiento presentaría, en parte, una acción mitigadora de los efectos de la salinidad.

**Palabras clave:** Bioestimulante, cultivo hidropónico, cultivo en sustrato inerte, salinidad, *Solanum lycopersicum* L.

#### ABSTRACT

This study was conducted to assess the physiological behavior of the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cv. “Poncho Negro” and Naomi, in salinity stress conditions, using their nutrition, ideal Hoagland nutrient solution (1950) and a natural Bioestimulant, seaweed-based, Fartum®. Plants were grown in controlled greenhouse conditions. There were two types of assess, plants grown in hydroponic cultivation and plants grown in an inert substrate. In both types of assess six treatments were used: T1, Hoagland nutrient solution; T2, Hoagland nutrient solution + NaCl (150 mM); T3, natural Bioestimulant solution; T4, natural Bioestimulant solution + NaCl (150 mM); T5, Bioestimulant solution adjusted, based on the nutritional medium of Hoagland and T6, Bioestimulant solution with an adjustment based on the nutritional medium of Hoagland + NaCl (150 mM). The design was completely randomized in a factorial arrangement of 2 x 6. The results for both growth conditions show a higher content of dry matter in treatment T6, the solution to the nutritional Bioestimulant more adjustment. Chemical analysis of nutrients in plant tissue in general showed similar patterns of behavior among the plants grown in nutrient solution ideal and Bioestimulant with nutritional adjustment. In conclusion, it may indicate that the cv. “Poncho Negro”, show, in most treatments, a better performance in the entry of nutrients in saline conditions. With irrigation of the natural Bioestimulant solution with nutritional adjustment, in both growth conditions, plants showed a physiological behavior similar to Hoagland solution, in both cultivars of tomato. This treatment also presented, in part, an action for mitigating the effects of salinity.

**Key words:** Bioestimulant, hydroponic cultivation, inert substrate cultivation, salinity, *Solanum lycopersicum* L.

<sup>1</sup> Depto. de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Tarapacá, Casilla 6-D, Arica, Chile.

<sup>2</sup> Depto. de Recursos Ambientales, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Tarapacá, Casilla 6-D, Arica, Chile.  
E-mail: ebastias@uta.cl

## INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola en la Región de Arica y Parinacota se desarrolla, principalmente, en valles costeros, entre los que se destacan el valle de Azapa y el valle de Lluta, este último caracterizado por poseer altos contenidos de salinidad, tanto en el suelo como en el agua de riego, limitando, así, el desarrollo de cultivos comerciales. Sin embargo, algunas especies cultivadas se han adaptado muy bien a estas condiciones, este es el caso del tomate denominado por los agricultores “Poncho Negro”, establecido hace muchos años en este valle.

La salinidad en los suelos es uno de los problemas que aparece cuando el hombre comienza a practicar la agricultura con riego, pues las sales presentes en el agua de riego comienzan a acumularse en su perfil, provocando su degradación y por ende su valor agrícola (Azcón y Talón, 2001). Este problema es frecuente en la zona norte de Chile, donde la salinidad junto con el estrés hídrico son las mayores dificultades que enfrenta la agricultura de desierto, las cuales presentan problemas de drenaje, donde el nivel de presión osmótica de la rizosfera se hace superior, disminuyendo la disponibilidad de agua para las plantas, provocando una mayor presión osmótica que junto con la toxicidad de los iones sodio ( $\text{Na}^+$ ) y cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) dan como resultado un menor rendimiento, que se puede expresar en la rentabilidad económica de los cultivos desarrollados en zonas desérticas (Donoso, 2003).

La agricultura sustentable es una respuesta, relativamente, reciente a la preocupación por la degradación de los recursos naturales asociada a la agricultura moderna. Una de estas alternativas es, precisamente, la agricultura orgánica de sustitución de insumos, o sea, un reemplazo de insumos agroquímicos tóxicos y caros por insumos alternativos (bioestimulantes y biofertilizantes), más benignos ambientalmente (Altieri, 1995). Asimismo, la actual tendencia de utilizar insumos agrícolas que no contaminen el ambiente hace que el uso de productos, a base de algas marinas, sea una alternativa importante en los programas de cultivo, ya que las investigaciones han demostrado que estas constituyen la fuente más completa de trazas minerales en la tierra (Inversiones Patagonia S.A., 2008).

En base a estos antecedentes, el objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento fisiológico de dos cvs. de tomate “Poncho Negro”

y Naomi, cuando crecen en condiciones de alta salinidad, utilizando para su fertilización la solución nutritiva Hoagland y el Bioestimulante natural, a base de algas marinas Fartum®, en dos condiciones controladas de crecimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre los meses de abril y mayo del año 2008, en las dependencias de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Tarapacá, situada en el Km 12 del valle de Azapa, Arica-Chile. Las condiciones de crecimiento en ambos tipos de ensayos fueron similares, con una temperatura media 28 °C, a 42% de humedad relativa (HR) y una intensidad de radiación fotosintéticamente activa (PAR) entre 330-350  $\mu\text{mol fotón m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Para el caso del cultivo hidropónico se trasplantaron las plantas de tomate de los cvs. “Poncho Negro” y Naomi desde el speedling o bandejas almacigueras hacia recipientes plásticos de 10 litros de capacidad, cuando tenían 20 días de edad, después de la siembra. Se le aplicó permanente oxigenación, mediante motores de aire comprimido. Se utilizaron en total 6 recipientes, 3 de ellos con soluciones sin sales, solo con el medio nutritivo de Hoagland y Arnor (1950), que corresponde al tratamiento control (Tabla 1), otro solo con la solución del Bioestimulante (Fartum®), (Tabla 2), y otro con la solución del Bioestimulante (Fartum®) más el ajuste nutricional basado en Hoagland (Tabla 3). Los otros 3 recipientes contenían las mismas soluciones, pero con estrés salino, cuya concentración fue de 150 mM de NaCl. Es muy importante señalar que todas las soluciones se ajustaron a pH 6,0. Además, la solución nutritiva Hoagland es la ideal para las plantas, ya que contiene los nutrientes adecuados y óptimos para su crecimiento. Cada recipiente contenía 8 plantas de cada cv., siendo un total de 48 plantas del cv. “Poncho Negro” y 48 del cv. Naomi, esto significa que se emplearon un total de 96 plantas para el estudio (Tabla 4). En estas condiciones de estrés, las plantas permanecieron durante 10 días (Figura 1).

Los diversos nutrientes que se muestran en la Tabla 3 se adicionaron a la solución como fertilizante, de la siguiente manera:

- Nitrato de calcio:  $\text{Ca} (\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$
- Sulfato de amonio:  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$
- Fosfato monoamónico:  $\text{NH}_4\text{H}_2 \text{PO}_4$

**Tabla 1**  
Composición, basada en los elementos, de la solución nutritiva Hoagland (1950)

Macronutrientes		Micronutrientes	
Elementos	Concentración (mg L <sup>-1</sup> )	Elementos	Concentración (mg L <sup>-1</sup> )
N	499,01	Zn	0,05
P	62,00	Fe	0,60
K	787,72	Cu	0,02
Ca	220,40	Mn	0,51
Mg	43,37	B	0,50
S	63,66		

**Tabla 2**  
Composición, basada en los elementos, del Bioestimulante, a base de algas marinas (Fartum®)

Macronutrientes		Micronutrientes	
Elementos	Concentración (mg L <sup>-1</sup> )	Elementos	Concentración (mg L <sup>-1</sup> )
N	60	Zn	0,05
P	25	Fe	2,50
K	1285	Cu	0,10
Ca	40	Mn	1,00
Mg	340	B	2,50
S	355		

**Tabla 3**  
Ajuste nutricional, basado en el medio nutritivo Hoagland (1950), e incorporado a la solución del Bioestimulante (Fartum®)

Nutrientes	Ajuste nutricional (mg L <sup>-1</sup> )
N	216,67*
Ca	180,34
P	37,00
S	28,16

\* Esta cifra proviene de la suma de los otros fertilizantes, ya que estos además de aportar el correspondiente nutriente, también entregan N a la planta.

Mientras que el ensayo realizado en maceta con sustrato inerte consistió en una mezcla de perlita y vermiculita en proporción de 1:1. El

trasplante de las plantas de tomate desde la bandeja almaciguera hacia las macetas se realizó también 20 días después de la siembra. Se utilizaron 12 macetas en total, de 3 litros cada una, 6 de ellas al igual que el cultivo hidropónico, con soluciones nutritivas sin estrés salino y 6 macetas con estrés salino. La dosis de riego empleada fue de 200 ml diariamente por maceta, ajustando el pH a 6,0 y, así, se pudo mantener la humedad del sustrato a capacidad de campo. Cada maceta tenía un total de 3 plantas, es decir, se emplearon 18 plantas del cv. "Poncho Negro" y 18 plantas del cv. Naomi. Lo que significa que se utilizaron 36 plantas en total para este estudio (Tabla 4). En estas condiciones de estrés permanecieron durante 10 días las plantas (Figura 2).

Transcurridos los 10 días en ambos medios de cultivos se procedió a determinar los parámetros biométricos, como materia seca (% MS = peso seco x 100/peso fresco). Para esto, primeramente,

Tabla 4

Descripción de los tratamientos aplicados, en condiciones controladas de crecimiento (invernadero) al cultivo hidropónico y al cultivo con sustrato inerte

Tratamientos			NaCl (mM)
<b>I</b>	P. Negro / Medio nutritivo de Hoagland, Control	(Ho)	-
<b>II</b>	Naomi / Medio nutritivo de Hoagland, Control	(Ho)	-
<b>III</b>	P. Negro / Medio nutritivo de Hoagland + NaCl	(Ho+NaCl)	150
<b>IV</b>	Naomi / Medio nutritivo de Hoagland + NaCl	(Ho+NaCl)	150
<b>V</b>	P. Negro / Bioestimulante (Fartum®)	(Bio)	-
<b>VI</b>	Naomi / Bioestimulante (Fartum®)	(Bio)	-
<b>VII</b>	P. Negro / Bioestimulante (Fartum®) + NaCl	(Bio+NaCl)	150
<b>VIII</b>	Naomi / Bioestimulante (Fartum®) + NaCl	(Bio+NaCl)	150
<b>IX</b>	P. Negro / Bioestimulante + Ajuste nutricional Hoagland	(Bio+Ho)	-
<b>X</b>	Naomi / Bioestimulante + Ajuste nutricional Hoagland	(Bio+Ho)	-
<b>XI</b>	P. Negro / Bioestimulante + Ajuste nutricional Hoagland + NaCl	(Bio+Ho+NaCl)	150
<b>XII</b>	Naomi / Bioestimulante + Ajuste nutricional Hoagland + NaCl	(Bio+Ho+NaCl)	150



Figura 1. Cultivo de tomate hidropónico. Las plantas crecieron en recipientes de un volumen de 10 litros, con bombas de aire comprimido y en condiciones controladas de invernadero durante 10 días.



Figura 2. Cultivo de tomate con sustrato inerte (perlita-vermiculita, 1:1). Las plantas crecieron en macetas de 3 litros y en condiciones controladas de invernadero durante 10 días.

se pesó la parte aérea separada de la parte radical de las plantas, así se obtuvo el peso fresco de las diferentes estructuras de las plantas. Después el tejido vegetal se secó en una estufa a 70 °C, durante 48 horas, para obtener, así, el peso seco. Con el material vegetal, seco y molido, se realizaron los análisis químicos de los macronutrientes, Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>, tanto en hojas como en raíces.

## RESULTADOS

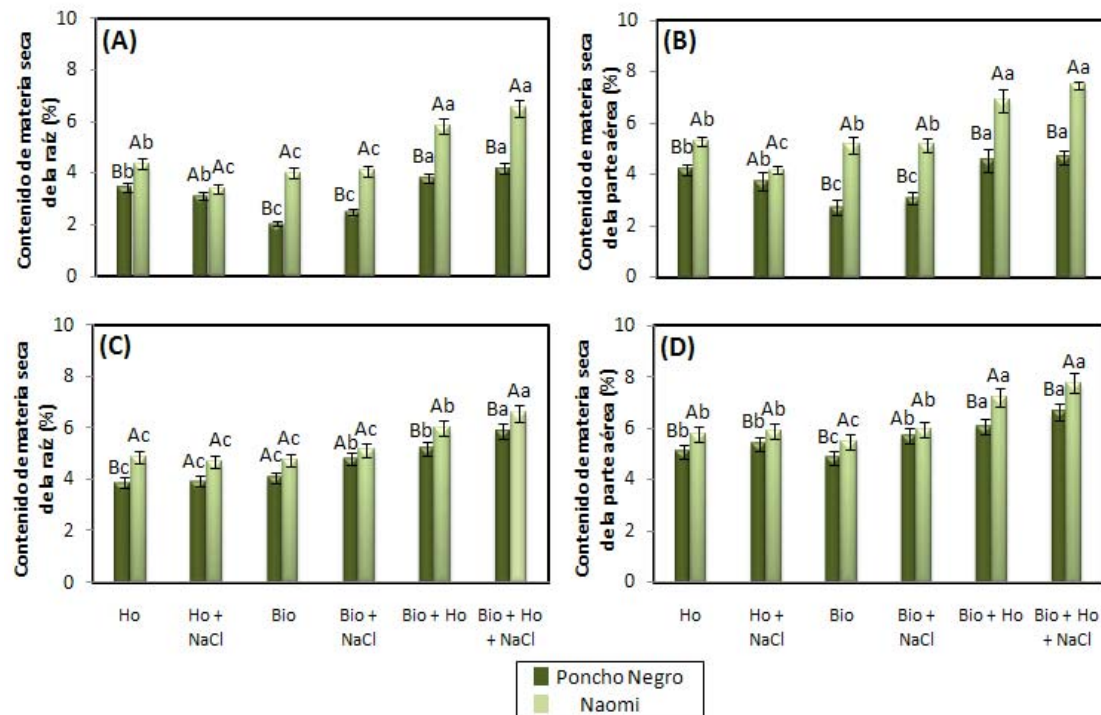
### CONTENIDO DE MATERIA SECA EN LAS ESTRUCTURAS DE LAS PLANTAS

En la Figura 3 se presenta el contenido de materia seca, expresada en porcentaje (%) en la raíz y en la parte aérea de los cvs. "Poncho Negro" y Naomi, para ambos medios de cultivos. En el caso de las raíces se observó que el cv. Naomi en cultivo hidropónico (A) fue, significativamente, superior en

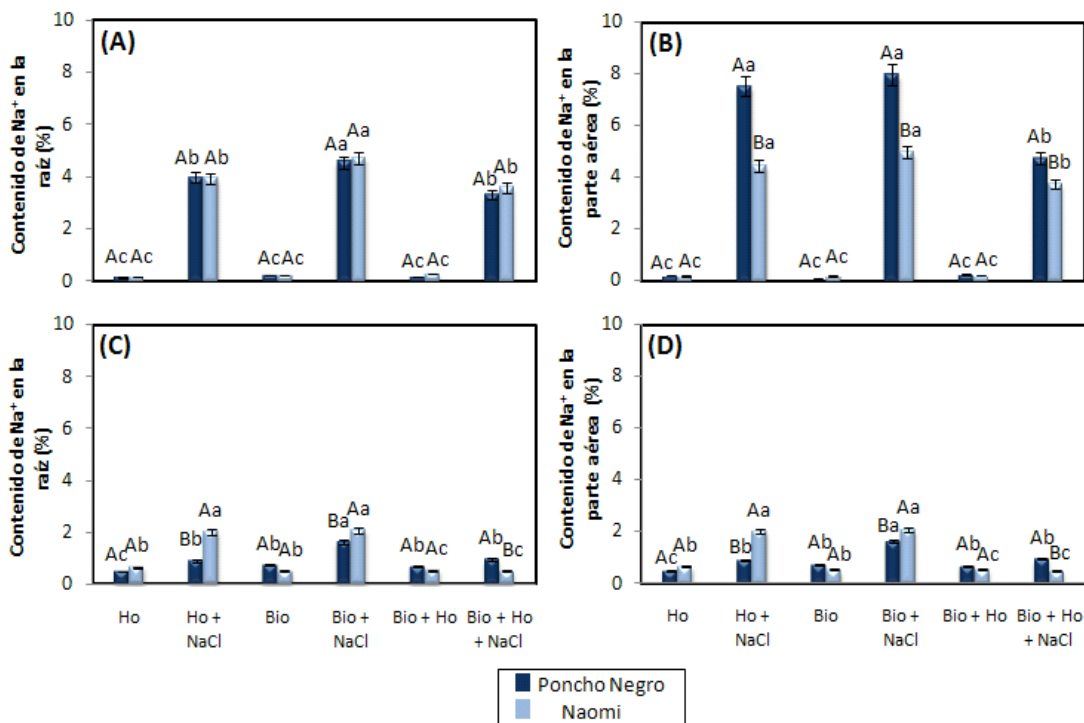
el contenido de materia seca en la totalidad de los tratamientos. En cambio, en sustrato inerte (C) fue leve la diferencia en la acumulación de materia seca. A su vez, en la parte aérea, en cultivo hidropónico (B), el cv. Naomi también presentó una diferencia significativa en la acumulación de materia seca, superior al cv. "Poncho Negro". Mientras, las plantas crecidas en sustrato inerte (D), la diferencia en la acumulación de materia seca fue menor. Además, los tratamientos con el Bioestimulante más el ajuste nutricional basado en Hoagland y en condiciones de salinidad presentaron el mayor porcentaje de acumulación de materia seca, tanto en raíz como en la parte aérea en ambos cvs. de tomate.

### CONTENIDO DE SODIO (Na<sup>+</sup>) EN LAS ESTRUCTURAS DE LAS PLANTAS

En cuanto al contenido de Na<sup>+</sup> en las plantas, se observa en la Figura 4, donde el cultivo hidropónico, tanto en raíz como en la parte aérea



**Figura 3.** Contenido de materia seca (%) en cultivo hidropónico, raíz (A) y en la parte aérea (B) y en sustrato inerte, raíz (C) y en la parte aérea (D) en los cvs. "Poncho Negro" y Naomi, después de 10 días aplicados los diferentes tratamientos. Letras mayúsculas para las comparaciones entre los cvs. en un mismo tratamiento y letras minúsculas para las comparaciones entre tratamientos en un mismo cv. de tomate. Letras diferentes sobre las barras indican promedios estadísticamente diferentes según test de Duncan  $P < 0,05$ .



**Figura 4.** Contenido de Na<sup>+</sup> (%) en cultivo hidropónico, raíz (A) y en la parte aérea (B) y en sustrato inerte, raíz (C) y en la parte aérea (D) en los cvs. "Poncho Negro" y Naomi, después de 10 días aplicados los diferentes tratamientos. Letras mayúsculas para las comparaciones entre los cvs. en un mismo tratamiento y letras minúsculas para las comparaciones entre tratamientos en un mismo cv. de tomate. Letras diferentes sobre las barras indican promedios estadísticamente diferentes según test de Duncan P < 0,05.

(A y B), se muestra un aumento considerable en la acumulación de Na<sup>+</sup>, en comparación a las plantas crecidas en sustrato inerte (C y D). En general, en los tratamientos con el Bioestimulante más el ajuste nutricional basado en Hoagland en condiciones de salinidad con 150 mM de NaCl se observó una menor entrada de Na<sup>+</sup> en la raíz y en la parte aérea, en ambos medios de cultivo.

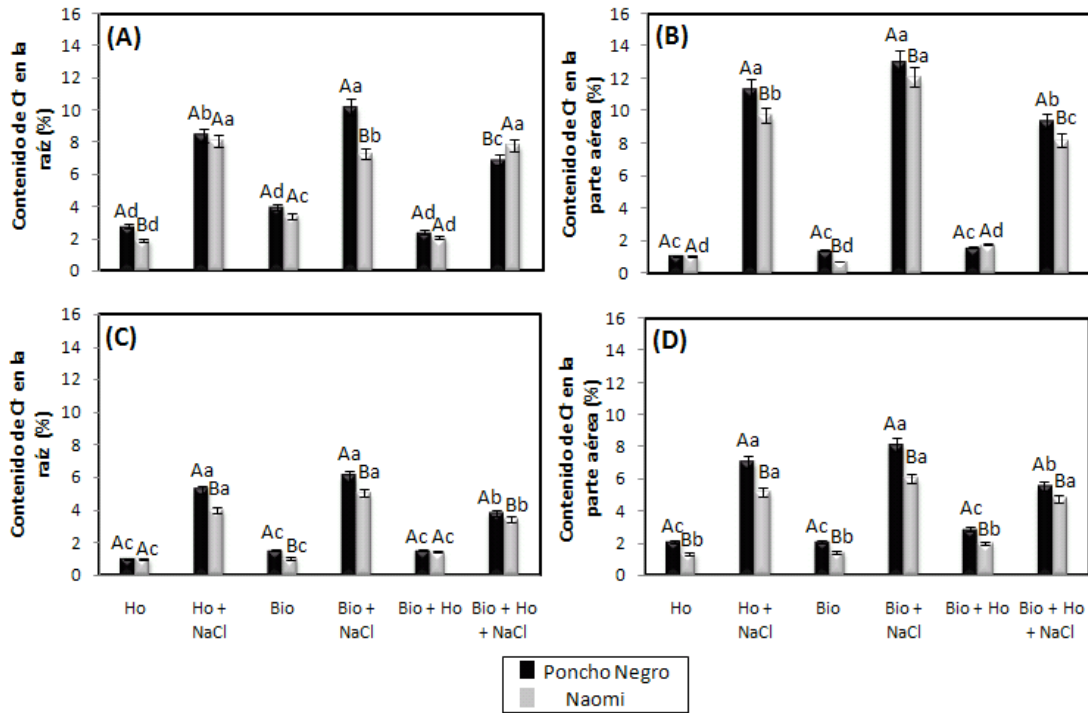
#### CONTENIDO DE CLORURO (Cl<sup>-</sup>) EN LAS ESTRUCTURAS DE LAS PLANTAS

Al igual que el contenido de Na<sup>+</sup>, la entrada de Cl<sup>-</sup> a la planta (Figura 5) fue mayor cuando las plantas crecieron en cultivo hidropónico que en sustrato inerte y, nuevamente, el tratamiento que contiene el Bioestimulante más el ajuste nutricional basado en Hoagland con 150 mM de NaCl en el medio presentó un mejor comportamiento

en condiciones de estrés salino, disminuyendo la entrada de Cl<sup>-</sup> a la raíz y a la parte aérea en ambos cvs. de tomate.

#### ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES

En cuanto a los análisis químicos del contenido de macronutrientes (Tablas 5 y 6), estos muestran una variabilidad en las plantas crecidas en cultivo hidropónico y en sustrato inerte, en general, se observa una tendencia a disminuir los niveles de macronutrientes en los diferentes tratamientos tanto en la raíz como en la parte aérea, destacándose los niveles similares, encontrados del contenido de N en los diferentes tratamientos en el cv. "Poncho Negro". Por tanto, no se observó una marcada diferencia en el contenido de macronutrientes entre ambos medios de cultivo ni entre los cultivares de tomate.



**Figura 5.** Contenido de Cl<sup>-</sup> (%) en cultivo hidropónico, raíz (A) y en la parte aérea (B) y en sustrato inerte, raíz (C) y en la parte aérea (D) en los cvs. “Poncho Negro” y Naomi después, de 10 días aplicados los diferentes tratamientos. Letras mayúsculas para las comparaciones entre los cvs. en un mismo tratamiento y letras minúsculas para las comparaciones entre tratamientos en un mismo cv. de tomate. Letras diferentes sobre las barras indican promedios estadísticamente diferentes según test de Duncan P < 0,05.

**Tabla 5**  
**Contenido de macronutrientes (raíz y parte aérea) del cultivo hidropónico**

Cultivo hidropónico		Macronutrientes de la raíz					Macronutrientes de la parte aérea				
Tratamientos	Cultivares	N%	P%	K <sup>+</sup> %	Ca <sup>+2</sup> %	Mg <sup>+2</sup> %	N%	P%	K <sup>+</sup> %	Ca <sup>+2</sup> %	Mg <sup>+2</sup> %
Ho	Poncho Negro	4,86	1,30	1,68	0,30	0,50	4,04	0,45	4,56	0,58	0,58
	Naomi	4,24	1,18	3,49	0,23	0,34	4,18	0,78	4,89	0,75	0,48
Ho + NaCl	Poncho Negro	3,79	0,81	3,02	0,36	1,00	3,40	0,33	4,42	0,54	0,65
	Naomi	3,50	0,87	2,47	0,23	0,42	3,10	0,59	3,80	0,61	0,38
Bio	Poncho Negro	3,18	0,35	0,97	0,14	1,14	2,51	0,25	1,84	0,17	0,32
	Naomi	3,18	0,40	3,19	0,16	0,71	2,82	0,33	3,04	0,43	0,74
Bio +NaCl	Poncho Negro	3,05	0,48	0,48	0,25	0,25	2,87	0,22	0,98	0,61	0,69
	Naomi	2,92	0,40	0,28	0,20	0,12	2,34	0,49	2,93	0,54	0,34
Bio + Ho	Poncho Negro	5,28	0,79	1,08	0,21	0,48	4,67	0,47	2,93	0,71	0,44
	Naomi	3,18	0,80	2,21	0,32	0,31	5,21	0,69	3,26	0,81	0,33
Bio + Ho+ NaCl	Poncho Negro	4,65	1,12	0,98	0,28	0,69	3,34	0,31	0,65	0,44	0,47
	Naomi	3,52	0,49	1,44	0,17	0,82	3,23	0,50	1,09	0,44	0,23

**Tabla 6**  
**Contenido de macronutrientes (raíz y parte aérea) del sustrato inerte**

Cultivo en sustrato inerte		Macronutrientes de la raíz					Macronutrientes de la parte aérea				
Tratamientos	Cultivares	N%	P%	K+%	Ca+2%	Mg+2%	N%	P%	K+%	Ca+2%	Mg+2%
Ho	Poncho Negro	3,51	0,40	3,09	0,85	1,36	4,66	0,51	0,48	1,12	1,14
	Naomi	3,31	0,45	1,64	1,08	0,94	4,45	0,40	0,46	0,99	0,08
Ho +NaCl	Poncho Negro	3,01	0,28	2,34	0,46	1,13	3,64	0,35	2,46	0,97	1,19
	Naomi	3,36	0,40	2,62	0,65	0,91	3,75	0,47	2,35	0,80	1,27
Bio	Poncho Negro	2,45	0,23	2,87	0,92	1,18	2,52	0,09	0,30	1,24	0,92
	Naomi	2,24	0,16	1,41	0,61	0,75	2,21	0,15	0,37	1,01	0,56
Bio +NaCl	Poncho Negro	2,45	0,09	1,72	1,11	1,22	3,12	0,08	1,92	0,90	0,97
	Naomi	2,87	0,14	1,36	0,50	0,71	2,14	0,16	2,48	1,26	0,83
Bio + Ho	Poncho Negro	3,64	0,13	1,85	0,39	1,30	4,73	0,08	0,26	1,20	0,79
	Naomi	3,36	0,13	1,18	0,74	0,76	5,47	0,11	0,38	1,00	0,74
Bio + Ho	Poncho Negro	3,64	0,15	2,14	0,20	1,03	3,12	0,09	2,42	0,96	1,18
+ NaCl	Naomi	2,63	0,03	1,31	0,11	0,17	3,04	0,15	2,23	0,85	0,93

## DISCUSIÓN

### CONTENIDO DE MATERIA SECA

El efecto de las sales en las raíces de las plantas de tomate siempre resulta en un menor crecimiento de esta estructura, hecho que puede afectar el crecimiento, en general, de la planta al reducirse el volumen de suelo sin salinidad que pueden explorar sus raíces (Almasoum, 2000). Trabajos en los cuales se analizó el efecto del NaCl sobre las raíces de los cultivares de *L. esculentum*; Sera, 898, y Rohaba se determinó que el aumento de la concentración de sal afectaba, adversamente, el crecimiento de las raíces, cuando se cuantifica como materia seca (Al-Karaki, 2000). En el caso de la parte aérea, Cicek (2002) y Gunes *et al.* (2005) indican que plantas de maíz expuestas a la salinidad también disminuyen el contenido de materia seca. En plantas de pimentón (Hoffman *et al.*, 1980) y en otros dos cultivos de tomate, PE-2 y New-Yorker (Alarcón *et al.*, 1993), ocurrió similar efecto en el contenido de materia seca. En nuestros resultados, el aumento en la acumulación de materia seca en condiciones de salinidad (Figura 3) no concuerda con los resultados obtenidos por otros autores, mencionados anteriormente, debido a que las plantas de ambos

cultivares de tomate presentaron los mayores niveles de materia seca en el tratamiento con Bioestimulante más el ajuste nutricional basado en Hoagland en condiciones de salinidad. Una posible respuesta a este comportamiento sería que el Bioestimulante podría tener un efecto mitigador al estrés salino.

### CONTENIDO DE NA<sup>+</sup>

Respecto al contenido de Na<sup>+</sup> (Figura 4), se observa en cultivo hidropónico (A y B) un efecto inmediato, es decir, el Na<sup>+</sup> entra directamente a las plantas de tomate, sin ningún tipo de barrera como sería el sustrato. Además, en la parte aérea, el cv. "Poncho Negro" puede acumular, significativamente, más Na<sup>+</sup> que el cv. Naomi. Similares resultados obtuvieron Contreras y Montoya (2008), en el cv. "Poncho Negro", en el mismo medio de crecimiento. Por otra parte, el contenido de Na<sup>+</sup>, en las plantas crecidas en sustrato inerte (C y D), fue mayor en el cv. Naomi que en el cv. "Poncho Negro", pese a esto la acumulación de Na<sup>+</sup> no fue un impedimento para el normal crecimiento de ambos cultivares. Asimismo, al comparar los resultados de este estudio con los obtenidos por Díaz (2008) se observó una disminución en la acumulación de Na<sup>+</sup> en las estructuras de las plantas, esto se podría



deber a la utilización del Bioestimulante, el que posiblemente podría tener un efecto mitigador a la salinidad.

#### CONTENIDO DE $Cl^-$

En muchos casos no es posible determinar si los efectos tóxicos son debidos al  $Cl^-$ , al  $Na^+$  o a una combinación de los dos, ya que, generalmente, la concentración de ambos en los tejidos se incrementa simultáneamente. En trabajos realizados por Gunes *et al.* (1996) y Cornillon y Palloix (1997), en plantas de *Capsicum annuum* L., la concentración de  $Cl^-$  en la hoja, fue más alta que en las raíces, lo cual indica una menor habilidad de la planta para restringir el transporte de  $Cl^-$  desde la raíz a la parte aérea en condiciones de salinidad (Lessani y Marschner, 1978). Nuestros resultados concuerdan con lo señalado, anteriormente, por los autores, ya que en ambos medios de cultivo el contenido de  $Cl^-$  fue mayor en la parte aérea (Figura 5). La gran diferencia se aprecia en la capacidad de acumular al  $Cl^-$ , tanto en raíz como en la parte aérea, en ambos cultivares de tomate, ya que los valores estuvieron por encima del rango crítico para especies sensibles señalado por Xu *et al.* (2000). Además, las plantas de tomate crecidas en condiciones de hidroponía duplican y triplican la entrada y acumulación de  $Cl^-$  en la parte aérea, con respecto al sustrato inerte. A su vez, el cv. "Poncho Negro", en general, presentó una mayor acumulación de  $Cl^-$ , en los diferentes tratamientos, tanto en raíz como en la parte aérea. Nuevamente, los tratamientos con el Bioestimulante más el ajuste nutricional basado en Hoagland en condiciones de salinidad presentan una disminución del contenido de  $Cl^-$ , que podría ser debido al producto a base de algas marinas, el cual ayuda o regula la entrada de  $Cl^-$  a nivel radical como foliar.

#### ANÁLISIS NUTRICIONAL

En cuanto a los efectos nutricionales, altas concentraciones de  $Na^+$  en la solución externa causan una disminución en las concentraciones de

$K^+$  en los tejidos de las plantas. Estas reducciones se pueden deber al antagonismo entre el  $Na^+$  y el  $K^+$ , por los sitios de absorción en las raíces, el efecto del  $Na^+$  en el transporte al xilema o a la inhibición de los procesos de absorción (Hu y Schimdhalter, 2005). Otros investigadores consideran que una alta concentración de  $Na^+$  no sólo inhibe la absorción de nutrientes, directamente, por interferencia con transportadores en la membrana plasmática de la raíz, tales como los canales selectivos de  $K^+$ , sino también por la inhibición del crecimiento de la raíz a causa del efecto osmótico del  $Na^+$  y a los efectos adversos del  $Na^+$  en la estructura del suelo (Tester y Davenport, 2003). En los resultados de nuestra investigación se observa, en los tratamientos con salinidad, que sí existe una disminución en el contenido de  $K^+$ , cuando las plantas crecieron en cultivo hidropónico, tanto en raíz como en la parte aérea. Sin embargo, en sustrato inerte y con la aplicación del Bioestimulante en condiciones de salinidad, ocurrió un efecto contrario. Además, se debe destacar que, en general, los macronutrientes se mantienen similares en ambos medios de cultivo, lo que significa que la entrada y acumulación de estos elementos podría ocurrir por otras vías, que no se afectan por el tipo de medio de crecimiento o cultivo de las plantas.

Por lo tanto, podemos concluir que 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. Por otra parte, el cv. "Poncho Negro" mostró una alta tolerancia en relación a la entrada y acumulación máxima de  $Na^+$  y  $Cl^-$ ; en condiciones de hidroponía, esta diferencia fue muy significativa en comparación al comportamiento del cv. Naomi. Además, se puede determinar que la solución del Bioestimulante natural Fartum® más el ajuste nutricional basado en Hoagland presentaría cierta acción mitigadora en los efectos negativos producidos por la salinidad en los parámetros evaluados en este trabajo.

## LITERATURA CITADA

- ALARCÓN, J.; SÁNCHEZ-BLANCO, M.J.; BOLARIN, M.C.; TORRECILLAS, A. 1993.** Water relations and osmotic adjustment in *Lycopersicon esculentum* and *L. pennellii* during short-term salt exposure and recovery. *Physiol. Plantarum* 89: 441-447.
- AL-KARAKI, G.N. 2000.** Growth, sodium, and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. *J-plant-nutr.* Monticello, N.Y. Marcel Dekker Inc. 23: 369-379.
- ALMASOUM, A.A. 2000.** Effect of planting depth on growth and productivity of tomatoes using drip irrigation with semi saline water. *Acta Hort* 537: 773-778.
- ALTIERI, M. 1995.** Agroecología, Creando sinergia para una agricultura sostenible. Cuaderno de Trabajo 1-31 pp.
- AZCÓN-BIETO, J. y TALÓN, M. 2001.** Fundamentos de la Fisiología Vegetal. Edicions Universitat de Barcelona, 522 pp.
- CICEK, N.; SUIDAN, M.; GINESTET, P.; AUDIC, J. 2002.** Impact of soluble organic compounds on permeate flux in an aerobic membrane bioreactor. *Environ. Technol* 24: 249-256.
- CONTRERAS, C. y MONTOYA, A. 2008.** Respuesta de las Acuaporinas presentes en el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. "Poncho Negro" crecido con exceso de Boro y Salinidad en condiciones. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Tarapacá. Arica, Chile, 79-80 pp.
- CORNILLON, P. y PALLOIX, A. 1997.** Influence of sodium chloride in the growth and mineral nutrition of pepper cultivars. *J. Plant Nutr.* 20: 1085-1094.
- DÍAZ, M. 2008.** Interacción del boro en la tolerancia a la salinidad de (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. "Poncho Negro" proveniente del valle de Lluta (Provincia de Arica-Chile). Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Tarapacá. Arica, Chile, 49-51 pp.
- DONOSO, P. 2003.** Evaluación y selección de clones de Camote *Ipomoea batatas* (L.), bajo estrés de salinidad y toxicidad de boro en los Valles de Azapa y Lluta. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Tarapacá. Arica, Chile, 20 pp.
- GUNES, A.; INAL, A.; ALPASLAN, M.; ERASLAN, F.; GUNERI, E.; ERASLAN, F.; GUZELORDU, T. 2005.** Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *J. Plant Physiol.* 164: 728-736.
- GUNES, A.; INAL, A.; APASLAN, M. 1996.** Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. *J. Plant Nutr.* 19: 389-396.
- HOAGLAND, D.; ARNOR, R. 1950.** The water culture method for growing plants without soil. *Cir. Calif. Agric. Exp. Stn.* 347.
- HOFFMAN, G.J.; AYERS, R.S.; DOERING, E.J.; MCNEAL, B.L. 1980.** Salinity in irrigated agriculture. In: Design and operation of farm irrigation systems. American Society of Agricultural Engineering, St. Joseph, Michigan, USA pp. 145-188.
- HU, Y. 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.
- INVERSIONES PATAGONIA S.A. 2008.** Bioestimulante a base de algas Fartum®. (On line). Disponible en: [www.fartum.cl](http://www.fartum.cl). Conectado el 6 de junio de 2008.
- LESSANI, H. y MARSCHNER, H. 1978.** Relation between salt tolerance and long-distance transport of sodium and chloride in various crop species. *Aust. J. Plant Physiol.* 5: 27-37.
- TESTER, M. y DAVENPORT, R. 2003.** Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Ann. Bot.* 91, 503-527.
- XU, G.; MAGEN, H.; TARCHITZKY, J.; KAFKAFI, U. 2000.** Advances in chloride nutrition of plants. *Adv. Agron* 68: 97-149.