

---

# COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE PLANTAS DE RÁBANO (*Raphanus sativus* L.) SOMETIDAS A ESTRÉS POR SALINIDAD

---

## PHYSIOLOGICAL BEHAVIOR OF RADISH PLANTS (*Raphanus sativus* L.) SUBJECTED TO SALINITY STRESS

AFRICANO PERÉZ, Karen Lisseth<sup>1</sup>  
PINZÓN SANDOVAL, Elberth Hernando<sup>2</sup>

### RESUMEN

Dentro de las hortalizas de raíz, el rábano (*Raphanus sativus* L.) es de gran importancia por sus propiedades nutraceuticas debido al alto contenido de vitaminas y minerales, además de ser una opción productiva para los agricultores del país. Una de las condiciones que limita la producción de la mayoría de las especies vegetales es la salinización de los suelos ya sea causada de forma natural debida a la evolución del mismo o por el mal uso de los fertilizantes que ocasionan una saturación de sales en el suelo, esta condición afecta de forma significativa la fisiología de la planta, lo que conlleva la restricción del crecimiento y desarrollo de las misma, reflejado en el rendimiento final del cultivo. Por esto se generó la evaluación de algunos parámetros fisiológicos como conductancia estomática, contenido de clorofila, tasa respiratoria, fluorescencia de la clorofila y parámetros de crecimiento en plantas de rábano en estado fenológico V18, sometidas a estrés por salinidad. Se encontraron diferencias estadísticas ( $p \leq 0,05$ ) en parámetros como conductancia estomática, grosor de la hoja y peso de la raíz tuberosa, indicando que las plantas generan mecanismos de tipo morfológico para soportar la condición de estrés, para los demás parámetros evaluados no hubo diferencia, esto se puede deber al estadio fenológico de las plantas y a que esta especie es tolerante a la condición siempre y cuando no sea permanente.

**Palabras clave:** *estrés, fisiología, hortalizas, salinidad, suelo.*

<sup>1</sup> Ingeniera Agrónoma  
Estudiante de Maestría en Fisiología  
Vegetal.  
Universidad Pedagógica y Tecnológica  
de Colombia  
Correspondencia:  
kaafricano@gmail.com

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo  
Grupo de Investigaciones Agrícolas  
Universidad Pedagógica y Tecnológica  
de Colombia  
Correspondencia:  
elberth02@gmail.com

---

Recibido: 10/06/2014  
Aceptado: 07/09/2014

## ABSTRACT

Among root vegetables, radish (*Raphanus sativus L.*) is of great importance for their nutraceutical properties due to the high content of vitamins and minerals, in addition to be a productive option for the country's farmers. A condition that limits the production of most vegetal species is soil salinization whether caused naturally due to its evolution or misuse of fertilizers causing saturation of salts in the soil this condition significantly affects the physiology of the plant, leading to the restriction of growth and development of the same, reflected in the final crop performance. Therefore the evaluation of some physiological parameters as stomatal conductance, chlorophyll content, respiration rate, chlorophyll fluorescence and growth parameters of radish plants growth stage V18, under salt stress was generated. Statistical differences ( $p \leq 0,05$ ) on parameters such as stomatal conductance, leaf thickness and weight of tuberous root was found, indicating that plants generate mechanisms of morphological type to withstand the stress condition for the other outcome measures there was no difference, this may be due to the phenological stage of the plants as this specie is tolerant provided that no condition is permanent.

**Key words:** *physiology, salinity, soil, stress, vegetable.*

## INTRODUCCIÓN

El rábano (*Raphanus sativus L.*) es una planta de gran importancia por sus propiedades nutraceuticas y altos contenidos vitamínicos y de minerales; 100 g de materia fresca de rábano contienen 0,86 g de proteínas, 30 UI (unidades internacionales) de vitamina A, 30 mg de vitamina B1, 20 g de vitamina B2 y 24 mg de vitamina C (Criollo & García, 2009). Esta planta *Brassicaceae* se supone es originaria del Japón o China. Es una planta anual, de raíz gruesa y carnosa, de tamaño y forma variable, piel color rojo, rosado, blanco u oscuro, según la variedad; posee hojas basales, pecioladas, lámina lobulada con uno a tres pares de segmentos laterales con bordes dentados (Casimir, 2001).

El rábano se desarrolla bien en climas medios con temperaturas que deberán encontrarse entre los 15 y 18 °C, con mínimas de 4 °C y máximas de 21 °C, temperaturas por encima del máximo pueden originar sabores picantes en sus raíces según la variedad. Su

ciclo productivo es corto y puede variar entre 20 y 70 días; se adapta a cualquier tipo de suelo, pero los suelos profundos, arcillosos y el pH del suelo deberá encontrarse entre 5.5 y 6.8 (Montero *et al.*, 2006; Cadena Hortofrutícola, 2014).

Dentro de la producción hortícola del país el rábano se ubica en el grupo de las hortalizas de raíz (DANE, 2011). La producción se limita a los departamentos de Cundinamarca y Valle del Cauca, siendo el primero el mayor productor a nivel nacional con una participación del 90,4 % de la producción nacional, con una área de siembra de 8 ha, una producción de 132 t y un rendimiento de 16,5 t ha<sup>-1</sup>; el municipio de Cota es el mayor productor de rábano en Colombia, ya que concentra el 100 % de la producción de Cundinamarca (MADR, 2012).

El fenómeno de la salinización de los suelos, afecta a la humanidad desde el

inicio de la agricultura, y existen registros históricos de migraciones provocadas por la salinización del suelo cultivable (Leidi & Pardo, 2002); por tanto, el impacto negativo del estrés por salinidad sobre el desarrollo de los cultivos, ha sido ampliamente documentado (Munns, 2002). Las plantas activan distintos mecanismos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos para adaptarse a la condición de estrés (García *et al.*, 2009). No todas las especies se ven afectadas de

igual forma por la condición de salinidad, existiendo muchos factores que determinan la respuesta de los cultivos, entre estos se pueden señalar la expresión del genotipo y la fenología de la planta al momento de presentarse la condición de estrés. El objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes parámetros fisiológicos y su comportamiento en plantas de rábano rojo (*Raphanus sativus*. L.) sometidas a estrés por salinidad.

## METODOLOGÍA

### Material vegetal

Se emplearon plántulas de rábano rojo (*Raphanus sativus* L.) que según la escala de la BBCH (2001) se encontraban en el estadio V18 que corresponde a 8 hojas verdaderas desplegadas. Las plántulas se desarrollaron con una temperatura promedio de 25 °C, humedad relativa promedio del 80 % y Fotoperiodo de 12 horas luz/día, El análisis de los parámetros fisiológicos se realizó en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja-Boyacá.

Se empleó como diseño experimental un DCA, el cual contaba con dos tratamientos y tres repeticiones. Para un total de 6 unidades experimentales, cada una compuesta por 3 plántulas de rábano rojo; el tratamiento uno fue la aplicación de una solución de NaCl concentración 70 mM, el tratamiento dos correspondió al testigo sin aplicación de NaCl. Las plantas fueron sembradas en materos de 10 cm de ancho por 10 cm de largo, utilizando suelo como sustrato, se aplicó un fertilizante para hidroponía (Nutriponic®) vía riego en los dos tratamientos según formulación del

producto, la frecuencia de riego fue diaria. El tratamiento de salinidad se aplicó desde el estado V13 hasta el estado V18 (BBCH, 2001), esto da un periodo de aplicación de 15 días. Luego de este periodo se procedió a la evaluación de las siguientes variables:

**Conductancia estomática:** se empleó un porómetro de hoja (Decagon Devices SC-1), calibrando el sensor con respecto a la atmósfera del sitio, luego de esto se ubicó el sensor del equipo entre las hoja 4 a 6, se realizó una medición por hoja para un total de tres por planta, hay que tener en cuenta que para el caso del ensayo, los valores obtenidos hacen referencia a la conductancia estomática, que indica la facilidad con la cual se mueven los gases a través de los estomas. Los valores obtenidos se presentan en  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

**Contenido de clorofilas:** se empleó un Clorofilómetro (Minolta Spad 502 plus), para esto se calibró el equipo según especificación del mismo para así iniciar con la toma de datos, se realizaron 10 mediciones por planta, de esta forma al final de cada medición se generó un promedio de clorofilas totales por UE. La clorofila total se da en unidades SPAD.

**Fluorescencia de la clorofila:** la medición de la eficiencia fotosintética (Fv/Fm), Quenching fotoquímico y Quenching no fotoquímico se realizó mediante un fluorómetro (Junior-Pam, WALZ), se cubrió con papel aluminio una hoja representativa tanto del tratamiento como del control, durante 60 min con el fin de generar la reducción de la actividad del FSII a valores cercanos a 0. Pasada la hora se procedió a realizar las mediciones conservando la condición de oscuridad de la hoja, se instala el sensor del equipo y se inicia con la medición.

**Tasa respiratoria:** se dispuso de aproximadamente 200 g de material vegetal (plántulas completas), en cámaras herméticas de 2 l, en la cámara se ubicó un sensor infrarrojo de CO<sub>2</sub>, el cual se conectó a un sistema de interfase y recolección de datos (Labquest 1). Se tomaron intervalos de 4 segundos entre puntos, esto durante 2 minutos en los cuales se registraron los valores de CO<sub>2</sub>, con estos valores se calculó la pendiente, que correspondió a la tasa respiratoria, para ello se tuvo en cuenta el peso de las

plántulas y el volumen de la cámara. Los valores obtenidos se expresaron en mg CO<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

**Parámetros de crecimiento:** para la medición de los parámetros de crecimiento como longitud de la plántula se empleó un flexómetro realizando la medición desde el cuello de la raíz hasta la parte más alta de la planta, también se realizó conteo de hojas verdaderas con el fin de determinar su etapa fenológica con base en la escala BBCH. Luego se procedió a dividir la plántula en los diferentes órganos, para realizar las mediciones destructivas como diámetro de la raíz tuberosa utilizando un calibrador digital (Mitotuyo 500), peso fresco de raíz, tallo y hojas empleando una balanza precisión (Acculab 600). Por último se realizó la medición del área foliar, usando un medidor portátil (modelo CI-202 Seedmech).

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos en el ensayo se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) y se les aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), utilizando el paquete estadístico R versión 3.0.2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros de crecimiento

El aporte de NaCl en una concentración 70 mM, a través del riego afectó negativamente el crecimiento de la planta en términos de diámetro polar y peso fresco de la raíz fasciculada (Figura 1B y 4A); sin embargo las diferencias entre las planta control y tratamiento no fueron estadísticamente significativas, lo que puede deberse probablemente a que esta especie tolera la condición debido a la fase fenológica en la que se encontraba (V18). Esta moderada

diferencia se puede correlacionar con una reducción en el crecimiento de la planta generado por la disminución del potencial osmótico del suelo que dificulta la toma de agua de la planta y, por ende, el desarrollo normal de los diferentes procesos de la misma. Esto concuerda con Páres y Basso (2013) quienes encontraron al estudiar el efecto del NaCl en el crecimiento y estado nutricional de plantas de papaya (*Carica papaya L.*) que a mayores niveles de NaCl se presentó mayor afectación negativa en

el crecimiento de las plantas debido a la disminución del potencial osmótico en el suelo.

Además, en una planta sometida a estrés salino se presenta deficiencia nutricional ya que la similitud entre Na y K<sup>+</sup> causa una deficiencia de este último, catión que participa activamente en los procesos de osmoregulación, mantenimiento de la turgencia, expansión celular, transporte floemático, movimiento de estomas, crecimiento y contribuye a más del 6 % del peso seco de la planta (Velarde, 2009), la disminución de la toma de K<sup>+</sup> y agua, explicaría la disminución en el crecimiento y desarrollo de las plantas de rábano.

Por otro lado, la aplicación de NaCl en una concentración 70 mM, causó un incremento en la tasa de crecimiento en términos de diámetro ecuatorial, grosor de la hoja, longitud de la planta, área foliar, peso fresco de la raíz tuberosa y peso fresco de la parte aérea (Figura 1A, 2A, 2B; 3A, 3B,

4B). Pero solo los tres primeros parámetros mostraron diferencias significativas. Este aumento del crecimiento indica que la planta puede desarrollar diferentes mecanismos con el fin de contrarrestar el efecto adverso del NaCl y así tolerar la condición de salinidad estos pueden ser: desarrollo de succulencia del tallo, lo que ocasiona una dilución intracelular de la concentración de sales, aumento de la cutícula para evitar la deshidratación que se puede derivar como consecuencia de la disminución del potencial osmótico del suelo. Estos resultados son similares a los encontrados por García & Jáuregui (2008), en los cuales plantas de caña (tolerantes a salinidad) presentaron una cutícula moderadamente más gruesa, que brinda una mayor protección contra el calentamiento excesivo de la hoja, y así contribuir a reducir la transpiración. Además, hay evidencias de que en glicófitas la salinización con NaCl provoca succulencia en los tejidos foliares (Bray & Reid, 2002).

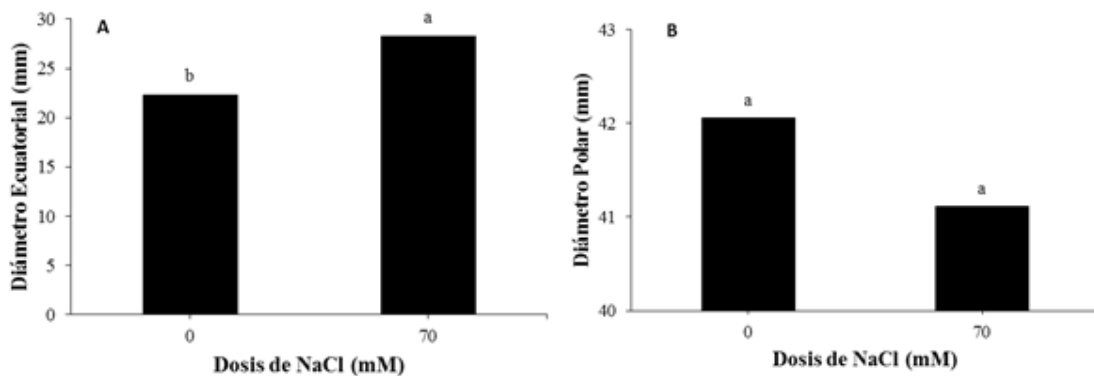
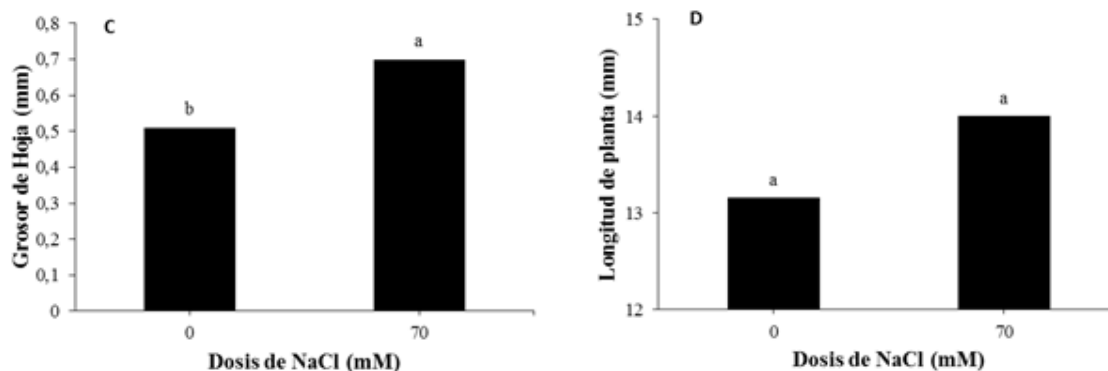


Figura 1. Efecto la salinización del sustrato sobre parámetros de crecimiento en plantas de rábano rojo sometido a una concentración de 70 mM de NaCl. (A) Diámetro ecuatorial, (B) Diámetro polar. Promedios seguidos de letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

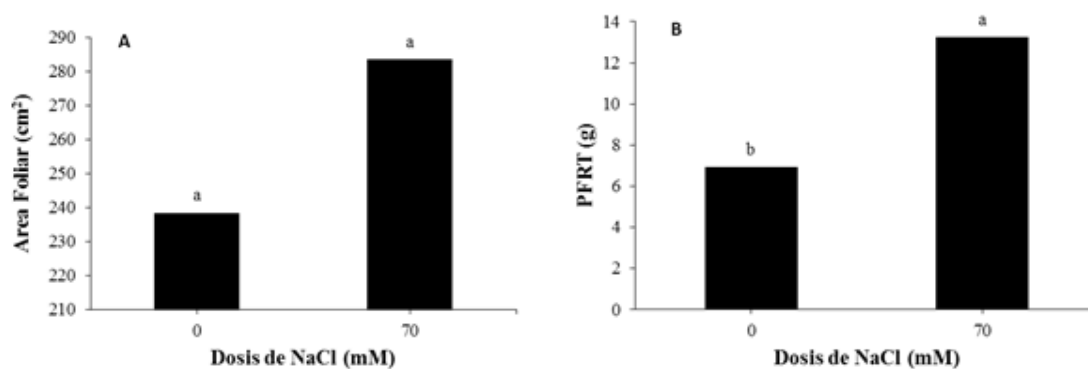


**Figura 2.** Efecto la salinización del sustrato sobre parámetros de crecimiento en plantas de rábano rojo sometido a una concentración de 70 mM de NaCl. (A) Grosor de Hoja, (B) longitud de la planta. Promedios seguidos de letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Aunque el rábano es una planta moderadamente sensible a salinidad que tolera de 1,3 a 3,0 dS/m (Acevedo, 2007), los incrementos en las variables de crecimiento de área foliar, peso de raíz tuberosa y peso fresco de la raíz aérea también podrían darse como indicador de que la concentración y el tiempo de exposición aplicados, no son suficiente para afectar el crecimiento de la planta de manera significativa, lo cual le permite seguir con un desarrollo relativamente normal, o que la planta ha desarrollado mecanismos para

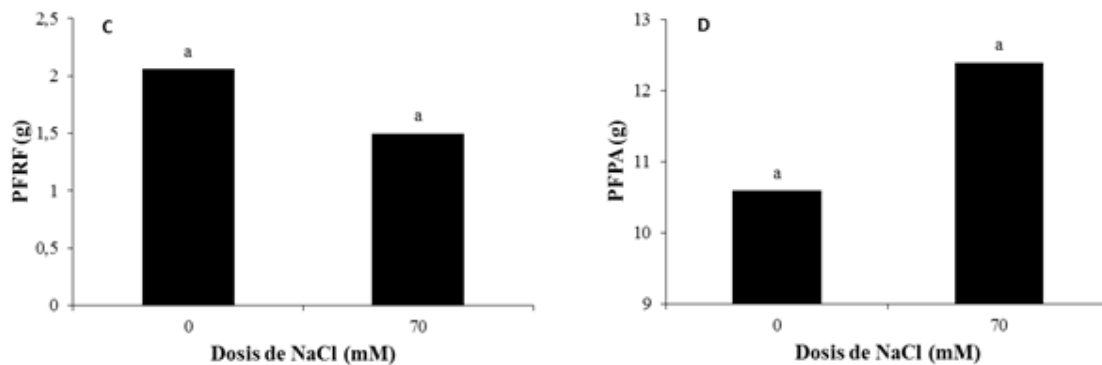
evitar el estrés por salinidad, permitiéndole sobrevivir y desarrollarse casi normalmente. Siempre y cuando la condición sea temporal y no permanente.

La relación PRT/PRF aumentó como respuesta al estrés salino, estudios hechos por Campos et al., (2011) en frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) indican que existe un aumento en cuanto a la relación representada en una ventaja del sistema radicular, buscando una mayor captación de agua del sustrato que frene al impacto del estrés osmótico generado por la salinidad.



**Figura 3.** Efecto la salinización del sustrato sobre parámetros de crecimiento en plantas de rábano rojo sometido a una concentración de 70 mM de NaCl. (A) Área foliar, (B) Peso fresco raíz tuberosa. Promedios seguidos de letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).





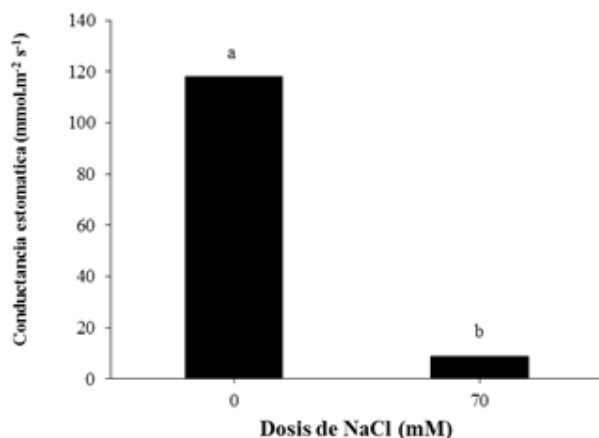
**Figura 4.** Efecto de la salinización del sustrato sobre parámetros de crecimiento en plantas de rábano rojo sometido a una concentración de 70 mM de NaCl. (A) Peso fresco raíz fasciculada, (B) Peso fresco parte aérea. Promedios seguidos de letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### Conductancia estomática

Las plántulas de rábano sometidas a una concentración de 70 mM de NaCl (equivalente a 7 dS.m<sup>-1</sup>), presentaron diferencias significativas según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) (Figura 3), frente al tratamiento control, luego de 15 días bajo la condición de estrés. Lo que indica que esta condición afecta considerablemente el intercambio de gases con la atmósfera, repercutiendo en el funcionamiento normal del proceso fotosintético, ya que se estaría afectando la fase de síntesis, y probablemente ocasionando un desbalance con el sistema foto, interrumpiendo el transporte de electrones, produciéndose especies reactivas de oxígeno (ROS), lo que provoca degradación de proteínas y lípidos y en el peor de los casos se presenta afectación del ADN. Tabatabaei (2006) realizó estudios en *Olea europaea*

*L.* que demostraron que un incremento en el contenido de NaCl en el medio en que se desarrollan las raíces no solo provocó efectos depresivos en el crecimiento de las plantas, sino también en la fotosíntesis y transpiración, lo que está relacionado con el incremento de la resistencia al flujo de agua hacia el interior de la planta acompañada de la regulación estomática.

Por su parte, Morales *et al.* (2010) en estudios hechos en la variedad cubana de tomate ‘Amalia’ encontraron que esta presenta algunos mecanismos fisiológicos, que le permite comportarse moderadamente tolerante a los elevados niveles de NaCl concentración de 100 mM, durante el periodo vegetativo. Lo que no se puede concluir de los resultados del ensayo ya que solo se evaluó la fase vegetativa V18.

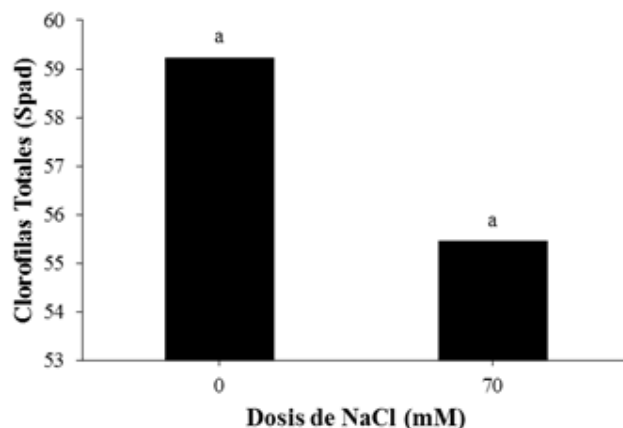


**Figura 5.** Efecto del NaCl sobre la conductancia estomática, en plantas de rábano rojo sometidas a una concentración de 70 mM de NaCl. Promedios seguidos de letras diferentes en el mismo punto de muestreo presentan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

### Contenidos clorofilas

No se presentaron diferencias estadísticas (Figura 6), lo que puede indicar que hasta ese momento no se había afectado la disponibilidad de Magnesio y Nitrógeno en la planta o que se pudiera estar dando una removilización de las hojas viejas a las más jóvenes, por otra parte también puede indicar que el rábano es una especie que tolera esta condición, por tanto no se ha provocado daños en las membranas de cloroplastos o degradación de las clorofilas, lo anterior no correlaciona con estudios realizados por Argente *et al.* (2009), quienes

encontraron que el contenido de clorofila total disminuyó en la medida que se incrementaron las concentraciones salinas desde 0,02 a 12 dS.m<sup>-1</sup>, tanto en la fase vegetativa como reproductiva en el cultivar de trigo C-204; sin embargo, investigaciones hechas por Appels *et al.* (1990) y Flowers & Yeo (1986) sobre el efecto que provoca la salinidad en la concentración de pigmentos fotosintéticos son abundantes y coincidentes y tienden a revelar que tales afectaciones son fundamentalmente debidas a la destrucción de los cloroplastos y a un aumento de la actividad de la enzima clorofilasa, afectando la síntesis de clorofilas.



**Figura 6.** Efecto del NaCl sobre el contenido de clorofilas en plantas de rábano rojo sometidas a una concentración de 70 mM de NaCl. Promedios seguidos de letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).



### Fluorescencia de la clorofila

La medición de esta variable arrojó tres datos de suma importancia en el análisis del comportamiento del aparato fotosintético en relación con la condición de estrés por salinidad. Por lo tanto, midiendo la fluorescencia de la clorofila, se puede obtener información acerca de los cambios en la eficiencia fotoquímica y la disipación de calor (Maxwell & Johnson, 2000).

El primer dato para analizar es la eficiencia fotosintética ( $F_v/F_m$ ), los datos obtenidos en las plantas control y bajo estrés salino fueron 0,839 y 0,803 respectivamente, si tomamos como punto de análisis la máxima eficiencia fotosintética estimada aproximadamente en 0,8 medida como  $F_v/F_m$  (Magnusson, 1997). Tenemos que las plantas bajo estrés salino presentan una moderada reducción en la eficiencia fotosintética, esto probablemente por la fase fenológica en la que se encontraban las plantas al momento de someterlas a la condición de estrés. Sin embargo, los resultados concuerdan con los datos obtenidos en cuanto al contenido de clorofilas totales ya que se evidencia que luego de 15 días bajo condiciones de estrés las plantas presentan un desbalance mínimo en los contenidos de Mg y N, elementos constitutivos del pigmento fotosintético, probablemente por remobilización de los mismos dentro de la planta. Sanclemente & Peña (2008) relacionan directamente los contenidos de Nitrógeno con la eficiencia fotosintética en *Ludwigia decurrens*. Valores bajos de N en las plantas se les atribuye la reducción en el contenido de la clorofila y en la actividad de la Rubisco (Correira *et al.*, 2005).

Con respecto al Quenching fotoquímico que hace referencia a la energía lumínica directamente usada en el proceso fotosintético,

este parámetro mostró valores de 0,747 y 0,241 en plantas control y sometidas a estrés respectivamente, los datos obtenidos muestran claramente que en plantas sometidas a estrés por salinidad se está presentando disminución en el proceso de fotosíntesis, probablemente a nivel del ciclo de Calvin, pues como se indicó anteriormente, hay una disminución en la disponibilidad de  $CO_2$  debido a baja conductancia estomática, lo que ocasiona saturación de electrones en el PSII, por tanto, la disminución del Quenching Fotoquímico, energía que debe ser eliminada por otros mecanismos (Quenching no fotoquímico o fluorescencia). En tanto las plantas control presentan valores dentro de los rangos normales.

La tercera variable es el Quenching no fotoquímico, esta hace referencia a la energía lumínica disipada en forma de calor como mecanismos de protección del PSII para evitar la fotoinhibición del sistema, en este parámetro se encontraron valores de 0,302 y 0,506 en plantas control y bajo estrés respectivamente, esto concuerda de forma clara con el parámetro anterior, puesto que evidencia la disipación de la energía lumínica en forma de calor por parte de las plantas bajo la condición de estrés por salinidad, como mecanismo de protección del fotosistema ocasionado por la formación de especies reactivas de oxígeno; sin embargo, cabe aclarar que este mecanismo es temporal ya que si la condición de estrés es permanente la planta se verá gravemente afectada en sus procesos de crecimiento y desarrollo o morirá.

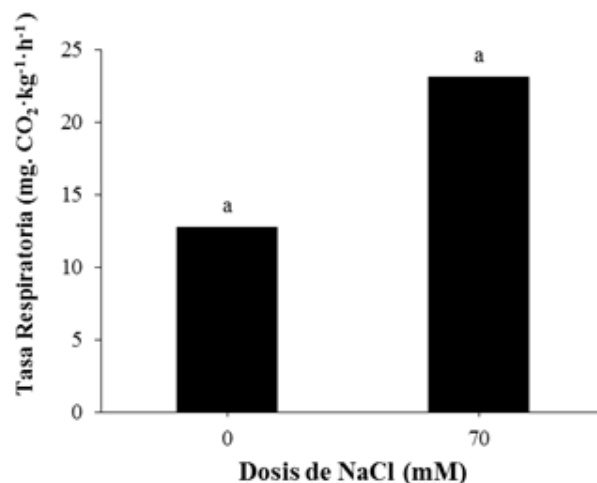
### Tasa respiratoria

No hubo diferencias estadísticas (Figura 7); no obstante, se puede observar que las plantas sometidas a la condición de estrés aumentaron su proceso de respiración,

probablemente como consecuencia de la formación de enzimas detoxificadoras, las cuales requieren gasto energético ATP, en su proceso de síntesis. También se podría deber a la disminución de entrada de O<sub>2</sub> y a la reducción de la tasa fotosintética derivada del cierre estomático, que se genera por la condición de estrés como medida para evitar la deshidratación que se podría causar por la disminución de potencial osmótico cuando se presenta una condición de salinidad en el suelo.

Esto se correlaciona con la información dada por Casierra *et al.*, (2006) que

mencionan que si el estrés es generado por la disminución del potencial osmótico del suelo, la respuesta por parte de la planta es el cierre de sus estomas; sin embargo si el estrés es generado por acción tóxica de los iones, induce a un incremento en la respiración por la entrada de ATP a la cadena respiratoria, este ATP se forma de ADP (cuya formación es impulsada por el exceso de Na) más fósforo inorgánico. Además, la planta necesita de mayor energía, es decir, aumenta su tasa respiratoria para generar los mecanismos necesarios que le ayuden a salir de esta condición de estrés.



**Figura 5.** Efecto del NaCl sobre la tasa respiratoria en plantas de rábano rojo sometidas a una concentración de 70 mM de NaCl. Promedios seguidos de letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

## CONCLUSIONES

La salinidad es una condición que afecta principalmente la dinámica de cierre y apertura estomática en las plantas de rábano rojo (*Raphanus sativus L.*) debido a la disminución del potencial osmótico del suelo, y como medida preventiva a la deshidratación que este puede generar. Parámetros como conductancia estomática, eficiencia del PSII, grosor de la hoja y peso de la raíz tuberosa, mostraron diferencias estadísticas significativas frente

a las plantas control, convirtiéndose en herramientas de diagnóstico de los diferentes mecanismos que desarrolla la planta con el fin de sobrellevar la condición de estrés de forma temporal. Los cambios tanto fisiológicos como morfológicos que adoptan las plantas de rábano rojo, les permitieron soportar la condición de estrés por salinidad por un periodo de 15 días, sin que se vieran afectados drásticamente los procesos de crecimiento de las mismas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, E. 2007. Salinidad. Laboratorio de relación suelo-planta-agua (SAP). Chile. Disponible en <http://www.sap.uchile.cl/descargas/suelos/033SALINIDAD.pdf>. Accesado en 04/04/2014.
- APPELS, A. & LAGUDAH, H. E. 1990. Manipulation of chromosomal segments from wild wheat for the improvement of bread wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 17: 253-266.
- ARGENTEL, L., LÓPEZ, D. R., GONZÁLEZ, L. M., LÓPEZ, R., GÓMEZ, C. E., GIRÓN R. & FONSECA I. 2009. Contenido de clorofila e iones en la variedad de trigo harinero cuba-c-204 en condiciones de estrés salino. *Cultivos Tropicales* 30(4): 32-37.
- BBCH, 2001. Estadios de las plantas mono-y dicotiledóneas. Meier U. ed. 2 Edition, Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. Alemania. 149pp.
- BRAY, S. & REID, D.M. 2002. The effect of salinity and CO<sub>2</sub> enrichment on the growth and anatomy of the second trifoliate leaf of *Phaseolus vulgaris*. *Can. J. Bot.* 80, 349-359.
- CAMPOS, G., GARCÍA, M. PÉREZ, D. & RAMIS, C. 2011. Respuesta de 20 variedades de Caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) ante el estrés por NaCl durante la germinación y en fase plantular. *Bioagro* 23 (3): 215-224.
- CADENA HORTOFRUTÍCOLA, 2014. Ficha técnica sobre el cultivo de rábano (*Raphanus sativum* L.). Disponible en <http://cadenahortofruticola.org/admin/bibli/417rabano.pdf>. Accesado en 05/07/2014.
- CASIERRA, F., PÉREZ, W. & PORTILLA, F. 2006. Relaciones hídricas y distribución de materia seca en especies de fique (*Furcraea* sp. Vent.) cultivadas bajo estrés por NaCl. *Agron. Colom.* 24(2): 280-289.
- CASIMIR, A. 2001. Respuesta del crecimiento y productividad de rábano (*Raphanus sativus*, L.), cilantro (*Coriandrum sativum* L.) y habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) a fertilizante mineral y estiércoles de vaca y oveja en Nigua, República Dominicana. Universidad Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo, Tesis de maestría. República Dominicana.
- CORREIRA, C., MOUTHINO-PEREIRA, J., COUTINHO, F., BJÖRN, L. & TORRES-PEREIRA, J. 2005. Ultraviolet-B radiation and nitrogen affect the photosynthesis of maize: a Mediterranean field study. *Eur J Agronomy* 22: 337-347.
- CRIOLLO, H. & GARCÍA, J. 2009. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de plantas de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo invernadero. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.* 3 (2). 210-222.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE), 2011. Encuesta Nacional Agropecuaria ENA-2011. Disponible en [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/ena/boletin\\_2011.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/ena/boletin_2011.pdf). Accesado en 06/04/2014.
- FLOWERS, T. J. & YEO, A. R. 1986. Ion relations of plants under drought and salinity. *Australian Journal of Scientific Research* 75: 91.
- GARCÍA, M., E. MEDINA & VILLAFAÑE, R. 2009. Acumulación de iones y solutos orgánicos en hojas de plantas de caña

- de azúcar en dos tabloneros comerciales afectados por sales. *Bioagro* 21: 87-98.
- GARCÍA, M. & JÁUREGUI, D. 2008. Efecto de la salinización con NaCl o Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sobre la anatomía foliar en dos genotipos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con tolerancia salina diferencial. *Ernstia* 18(1): 89-105.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). 2012. Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2007-2011 y sus calendarios de siembras y cosechas, Resultados Evaluaciones Agropecuarias Municipales 2011. Disponible en <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/Anuario/anuario%20estadistico%20de%20frutas%20y%20hortalizas%202011.pdf>. Accesado en 04/04/2014.
- MONTERO, S.M., SINGH, B.K. & TAYLOR R. 2006. Evaluación de seis estructuras de producción hidropónica diversificada en el trópico húmedo de Costa Rica. *Tierra Tropical* 2(1): 27-37.
- LEIDI, E. & PARDO, J. M. 2002. Tolerancia de los cultivos al estrés salino: qué hay de nuevo. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias* 2(2): 69-90.
- MAXWELL, K. & JOHNSON, G. (2000) Chlorophyll fluorescence-a practical guide. *J. Exp. Bot.* 51(345): 659-668.
- MAGNUSSON, G. 1997. Diurnal measurements of Fv/Fm used to improve productivity estimates in macroalgae. *Marine Biology* 130(2): 203-208.
- MORALES, C. D., DELL'AMICOI C. J., RODRÍGUEZ, C. P., TORRECILLAS, A. & SÁNCHEZ-BLANCO M. DE J. 2010. Efecto del estrés por NaCl en el crecimiento y las relaciones hídricas en plantas de tomate (*solanum lycopersicum* L.) durante el período vegetativo. *Cultrop* 31(4): 10-23.
- MUNNS, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environ* 25: 239-250.
- PÁRES, J. & BASSO C. 2013. Efecto del cloruro de sodio sobre el crecimiento y estado nutricional de plantas de papaya. *Bioagro* 25: 109-116.
- SANCLEMENTE, M. & PEÑA, E. 2008. Crecimiento y eficiencia fotosintética de *ludwigia decurrens walter* (onagraceae) bajo diferentes concentraciones de nitrógeno. *Acta biol. Colomb.* 13(1): 175-186.
- TABATABAEI, S. J. 2006. Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. *Scientia Horticulturae* 108 (4): 432-438.
- VELARDE, A. 2009. Modulación del transporte iónico por poliaminas y especies reactivas de oxígeno y su posible impacto en la respuesta de plantas al estrés salino. Universidad de Colima, Tesis de Maestría. México. 87pp.