

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA AL ESTRÉS SALINO EN ÑAME ESPINO (*Dioscorea rotundata* Poir.), CULTIVAR BOTÓN.

*Evaluation of the response to the saline stress in ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir.), cultivars button.*

Eder Durango Ballesteros^{1*}, Carlos Durango Ballesteros².

Resumen

Introducción. El ñame ocupa una importante posición en la alimentación y en el desarrollo de la agricultura familiar. En los últimos años el cultivo del ñame en la Costa Caribe Colombiana ha sufrido una disminución considerable, debido a problemas abióticos que generan grandes pérdidas. La salinización uno de los problemas a los que se enfrentan los cultivadores de ñame, cada día incrementa el nivel de salinidad en los suelos del caribe. **Objetivo General.** Evaluar la respuesta al estrés salino, en suelos sometidos a tres concentraciones de salinidad (0, 40 y 45 mM de NaCl). **Metodología.** Se sembrarán segmentos de tubérculos de 50 gr en suelos con tres concentraciones de sal (0, 40 y 45 mM de NaCl). En cada una se evaluó el porcentaje de brotación, longitud de la planta, número de hojas, fluorescencia de la clorofila y conductividad eléctrica del suelo a las plantas obtenidas. **Resultados.** Se obtuvieron porcentajes de brotación del 95 % a los 36 días, en el tratamiento de 0 mM de NaCl, así mismo, en las concentraciones de 40 y 45 mM de NaCl se presentaron porcentajes de brotes de 45 y 0,2 % a los 48 y 55 días respectivamente, de igual forma el número de hojas por planta se vio afectada por la salinidad del suelo, registrándose en 0 mM de NaCl, a los 49 días un promedio 19 hojas aproximadamente, mientras que para el mismo tiempo el tratamiento T1 y T2 tenían en promedio 6 y 1 hojas. **Conclusiones.** La salinidad del suelo afecta drásticamente el cultivo del ñame espino, por lo que se pudo atribuir a la concentración salina en el suelo. A más salinidad en el suelo, las plantas de ñame se verán muy afectadas, y se producirá la muerte.

Palabras Claves: *Estrés Abiótico, Salinidad, Fotosistemas, Fluorescencia, Brotación.*

© 2018 Durango *et al.* Este es un artículo Open Access distribuido bajo la licencia CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, su distribución se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

¹ Centro Agroempresarial y Minero, SENNOVA, SENA Regional Bolívar. * Autor para correspondencia: edurangob@sena.edu.co

² Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico, SENA Regional Antioquía.

Abstract

Introduction. Yam occupies an important position in food and in the development of family farming. In recent years, the cultivation of yam in the Colombian Caribbean coast has suffered a considerable decrease due to problems abiotic, that generate large losses. Salinization one of the problems faced by yam growers, each day increases the salinity level in the Caribbean soils. **General objective.** To evaluate the response to saline stress, in soils subject to three concentrations of salinity (0, 40 and 45 MM of NaCl). **Methodology.** Tuber segments of 50 gr will be sown in soils with three concentrations of salt (0, 40 and 45 MM of NaCl). In each one we assessed the percentage of sprouting, plant length, number of leaves, fluorescence of chlorophyll and electrical conductivity of the soil to the plants obtained. **Results.** Sprouting percentages were obtained from 95% at 36 days, in the treatment of 0 MM of NaCl, likewise, in the concentrations of 40 and 45 MM of NaCl were presented percentages of shoots of 45 and 0.2% to 48 and 55 days respectively, in the same way the number of leaves per plant was affected by the salinity of the soil, registering in 0 MM of NaCl, at 49 days an average 19 leaves approximately, while for the same time the treatment T1 and T2 had on average 6 and 1 leaves. **Conclusions.** Soil salinity drastically affects the cultivation of Hawthorn yam, so it could be attributed to the saline concentration in the soil. The more salinity in the soil, the yam plants will be very affected, and death will occur.

Key Words: *Abiotic Stress, Salinity, Photosystems, Fluorescence, Sprouting.*

© 2018 Durango *et al.* This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Commercial use of the original work of the possible derivative works is not allowed, its distribution must be done with a license equal to that which regulates the original work.

Recibido para publicación: 04 de Mayo, 2018 - Aceptado para publicación: 04 de Agosto, 2018

INTRODUCCIÓN

Los continuos cambios en el medio ambiente, han evidenciado un incremento en la salinidad de los suelos en todo el mundo. En Colombia, la salinidad es uno de los más importantes procesos degradativos de suelos, alcanzado cerca del 7,7 % de la superficie del territorio, lo que representa aproximadamente 87.300 km² (Otero *et al.* 2002), siendo las áreas con mayor cantidad de suelos salinos, las zonas costeras y llanuras de la región Caribe y zonas costeras de la región del Pacífico.

La salinidad altera la germinación de semillas y atrofia el crecimiento de las plantas, induciendo respuestas que afectan la morfología, fisiología y metabolismo, que implican procesos de respiración, fotosíntesis y transporte de nutrientes, así como cambios morfológicos (Munns y Testar, 2008; Díaz *et al.*, 2010). Que en muchos casos causa la muerte (FAO 2008; Ramoliya *et al.*

2006), por lo que las plantas, han desarrollado mecanismos morfofisiológicos para tratar de adaptarse a estas nuevas condiciones, y así lograr la sobrevivencia en las condiciones a las que están sometidas constantemente. Al ser percibido este tipo de estrés se inician señalizaciones, que influyen en cambios celulares, de tejidos y órganos (cambios morfogénéticos), en los cuales la condición ambiental limitante involucran tres factores principales: El momento del año en el que se presente (época seca o época lluviosa), duración (días, semanas, meses), así como también depende de factores intrínsecos, como el estado de desarrollo de la planta en el momento en que se presente las condiciones de estrés y la especie vegetal. Todos estos aspectos influyen en la productividad del cultivo y en el fenotipo de la planta. Por tales razones, el mejoramiento para la tolerancia al estrés salino en cultivares de interés agronómico no ha tenido el éxito esperado (Athar y Ashraf, 2009).

El ñame se es uno de los principales alimentos para un grupo innumerable de personas que habitan en regiones tropicales y subtropicales, África, América Central, Sur América, partes de Asia, Caribe e Islas del Pacífico, debido a su alto contenido de carbohidratos (Tous, 2010). Lo que ha generado una alta demanda en su comercialización y por ende en la economía a nivel mundial (Amusa, et al; 2004). En la costa caribe colombiana, los principales productores dedicados al cultivo de ñame para el sustento y comercialización se encuentran en los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico y Magdalena, en los cuales se ha registrado que el 63,5% de los suelos sufre procesos de salinidad alta o moderado (Sánchez-Triana, 2008). Por lo tanto, es de suponer que la ocurrencia de la salinidad en un conjunto pequeños de células, durante un periodo de tiempo corto, así como el efecto que produce, puede que no sea distinguible fenotípicamente a nivel macro, a no ser que se tenga un conocimiento suficiente de las características del material vegetal.

El objetivo de la presente investigación consistió en Evaluar la respuesta al estrés salino, en suelos sometidos a tres concentraciones de salinidad (0, 40 y 45 mM de NaCl). En este sentido, la evaluación de la respuesta al estrés salino en ñame espino (*Dioscorea rotundata* poir.), cultivar botón, es útil para determinar la tolerancia a la salinidad del cultivar de ñame y como elemento para asistir los programas de mejoramiento.

Metodología

Siembra de ñame.

Para el establecimiento del ensayo se seleccionó ñame espino, cultivar botón, por ser uno de los materiales de exportación y estar ampliamente distribuido en la costa caribe, de los cuales se obtuvieron segmentos de tubérculos de aproximadamente 50 gramos. Los segmentos se sembraron en bolsas de 10 Kg, en una mezcla de suelo con tres concentraciones de salinidad ($T_0 = 0$, $T_1 = 40$ y $T_2 = 45$ mM de NaCl). Por cada concentración salina, se sembraron 20 segmentos de ñame, para un total de 60 segmentos. A las plantas obtenidas, se le realizaron mediciones semanales, registrando en cada tratamiento, altura de la planta, número de hoja (Africano, et al; 2015), y porcentaje de sobrevivencia. El % de sobrevivencia se determinó mediante la siguiente fórmula: % sobrevivencia =

$Sb / (Sb + Sm) * 100$ donde Sb = Segmentos de ñame con brotes y Sm = Segmentos de ñame muertos (Falcón, et al; 2015). Se midió la conductividad eléctrica en todas las bolsas, tomando 4 muestras en cada bolsa, a lo largo de la fase experimental.

Eficiencia de la Fluorescencia de las clorofilas (PSII).

Se midió la emisión de fluorescencia de la clorofila en hojas completamente expandidas con un Fluorímetro (Hansatech pocket PEA), colocándolas en cámara oscura durante 20 minutos y exponiéndolas por 0,8 s a 8000 μmol fotones $m^{-2}s^{-1}$ (Africano, et al; 2015). Tomando como punto de referencia 0.8 Fv/Fm, como la máxima eficiencia fotosintética (Magnusson, 1997). Para validar que eficiencia de la fluorescencia de la clorofila se debía al efecto del estrés salino sobre las plantas de ñame, se realizaron mediciones de conductividad eléctrica al suelo.

Evaluación del daño en membrana plasmática por pérdida de electrolitos.

Se colectaron dos hojas por planta, y se colocaron en 20 ml de agua destilada durante 2 h a 25 °C con agitación constante (100 rpm). Se midió la conductividad el agua sin las hojas y 2 h después con las hojas. Los recipientes con las hojas se colocaron en calentamiento por 30 min, cuantificando la conductividad con el equipo multiparámetro pro DSS. La pérdida relativa de electrolitos fue estimada como la relación de conductividad antes y después del calentamiento (Huang y Guo, 2005).

Resultados y discusión

Siembra de por segmentos de tubérculos.

Luego de 28 días de sembrados los segmentos, se observaron los primeros brotes en todos los tratamientos, obteniéndose porcentajes de brotación del 95 % a los 36 días, en el tratamiento de 0 mM de NaCl, así mismo, en las concentraciones de 40 y 45 mM de NaCl se obtuvieron porcentajes de brotes de 45 y 0,2 % a los 48 y 55 días respectivamente (Figura 1). El porcentaje de mortalidad de los segmentos de tubérculos de ñame después de los 55 días de brotación en los tratamientos con 40 mM NaCl y 45 mM NaCl, fueron del 55% y 80% respectivamente.

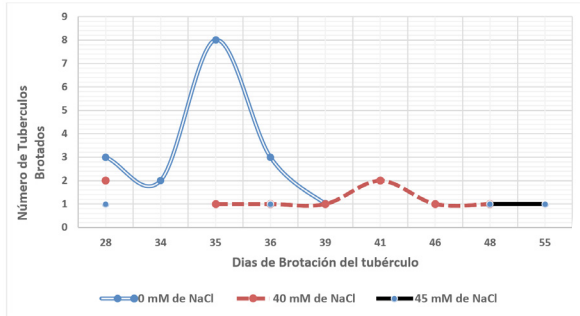


Figura 1. Número de tubérculos con brotes en cada tratamiento.

A medida que aumenta la concentración de sales en el suelo, se produce degradación y disminución de la síntesis de proteínas, proteólisis acelerada, disminución de la disponibilidad de aminoácidos y desnaturalización de las enzimas involucradas en la síntesis de proteínas (Levitt, 1980), ocurriendo la muerte de las plantas expuestas a concentraciones altas de salinidad. El incremento de la salinidad en el suelo redujo la formación de brotes en los tubérculos (Garsaball, et al., 2007), según Dodd et al; en 1999, un incremento de la salinidad generalmente reduce la germinación, proceso que puede estar relacionado con la absorción y acumulación de iones en la semilla o plántula, lo que concuerda con lo propuesto por Prisco, et al; 1970, quienes indican que un alto contenido de sales en el suelo, especialmente cloruro de sodio, puede inhibir la germinación a causa de la sequía fisiológica, disminución del potencial hídrico y aumento de la concentración de iones en el embrión generando efectos tóxicos.

En términos generales, cuando las plantas se encuentran bajo condiciones de estrés salino se presenta una ruptura de la homeostasis iónica de la planta, causada por la toxicidad del sodio (Na^+) en el citoplasma y a su vez provoca una deficiencia de iones como el potasio; por otro lado las soluciones salinas afectan los procesos enzimáticos de la glicólisis, ciclo de Krebs y la fotofosforilación dando como resultado una menor disponibilidad de energía y adsorción de nutrientes (Mata-Fernández, et al; 2007).

La concentración de sales afecta tanto a la altura de planta, como al número de hojas, obteniéndose el mayor promedio de altura, en el tratamiento T0, seguido del tratamiento T1 y finalmente el menor promedio en el tratamiento T2, con alturas promedio de 89.7, 30.5, 7.3 cm respectivamente. (Figura 2)

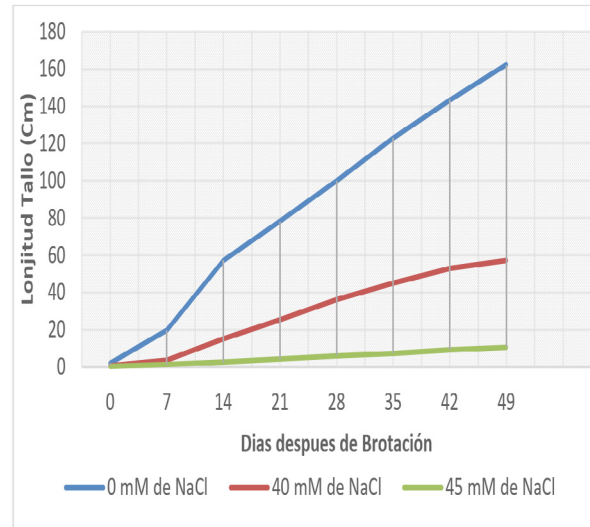


Figura 2. Longitud de tallos en cada tratamiento.

La disminución en el tamaño de las plantas presentes en los tratamientos con 40 y 45 mM de NaCl, puede estar relacionado con la disminución del potencial hídrico del suelo durante las primeras etapas de crecimiento (Mata-Fernández, et al; 2007), que interviene afectando la toma de agua por la planta, el efecto osmótico de los suelos salinos se refiere a altas concentraciones de sales que incrementan las fuerzas potenciales reteniendo el agua en la solución del suelo dificultando la extracción de esta por las raíces de las plantas (Mata-Fernández, et al., 2007), generando una variabilidad en la toma de nutrientes por la baja disponibilidad de agua y aumento en la concentración de elementos como Na^+ , Cl^- , (Leidi, et al; 2002). Resultados que concuerdan con lo descrito por Coca, et al; en el año 2013, quienes encontraron una reducción en la altura del pseudotallo de *Allium cepa*, sembrada bajo condiciones de 90 mM de NaCl de salinidad, de igual forma Manga et al; en 1988, reportaron la disminución del pseudotallo en plantas de cebolla con el aumento del nivel de salinidad en el suelo.

Dependiendo de cuál sea el catión predominante en el complejo de intercambio del suelo; la concentración de sales confiere propiedades nocivas para los cultivos (Mata-Fernández, et al; 2007), sobre todo cuando alguno de estos se concentran en la zona radical de los cultivos generando valores muy altos en la presión osmótica del suelo con evidentes consecuencias en el desarrollo de la planta ocasionando la disminución del tamaño de la planta y por ende, la baja productividad (Sánchez-Bernal, et al; 2008).

El número de hojas por planta fue una de las variables que se afectaron por la salinidad del suelo, comparando el tratamiento de 0 mM de NaCl, el cual a los 49 días presentaba en promedio 19 hojas aproximadamente, mientras que para el mismo tiempo el tratamiento T1 y T2 tenían en promedio 6 y 1 hojas (Figura 3). Esto indica una reducción del área foliar de las plantas sometidas a altas concentraciones de salinidad. La disminución en el número de hojas es variable con respecto al cultivar que se esté analizando y la concentración de salinidad a la que este expuesto (Goykovic et al; 2007).

El cultivo del tomate, cuando se encuentra sometido a niveles de salinidad presenta reducción en el número de hojas y área foliar (Romero, et al; 2001). Esta respuesta puede estar relacionada directamente con el desequilibrio osmótico que presentan las plantas al absorber más sodios y cloruros que agua, generando problemas de toxicidad y nutricionales que a su vez ocasionan problemas de crecimiento y desarrollo en el material vegetal (Yokoi, et al; 2002). De acuerdo con un estudio realizado por Lesmes et al; en el 2007, quien obtuvo mayor número de hojas en plantas de lechuga 'Batavia' (*Lactuca sativa* L.) establecidas sin adición de NaCl, encontró, que la salinidad afecta los procesos de división y expansión celular del tejido foliar, confirmado por Salisbury et al; 1992, quienes señalan que en plantas sometidas a ciertas condiciones pueden verse afectadas por limitantes que conducen a disminuir la división celular, el cual, es un proceso necesario para el crecimiento de órganos como las hojas.

La reducción de la toma de potasio K⁺ por las plantas y por ende la reducción de este elemento en los tejidos de las mismas, gracias al incremento de la salinidad en el medio que favorece la toma de Na⁺ que posteriormente retarda el transporte de K⁺ a los brotes de la planta

(relación Na⁺/K⁺) inactivan enzimas y disminuyen la síntesis de proteínas en las plantas (Azcón-Bieto, 2000).

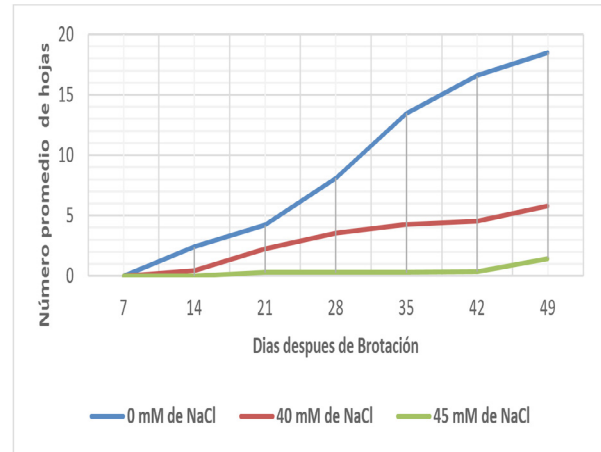


Figura 3. Numero promedio de hojas en cada tratamiento de salinidad.

Eficiencia de la fluorescencia de la clorofila en plantas de ñame *Dioscorea rotundata*.

Tomando como punto de referencia la máxima eficiencia fotosintética con valor de 0.8 Fv/Fm (Magnusson, 1997), se evidencia una disminución en la eficiencia fotosintética de 0,20 y 0,23 (Figura 4) en las concentraciones de 40 y 45 mM de NaCl, respectivamente, con respecto a la concentra de 0 mM de NaCl en los tratamientos sometidos al estrés por salinidad. En condiciones in vivo la emisión de la fluorescencia de los sistemas fotosintéticos es cambiante según las condiciones ambientales a las que se encuentran sometidos las plantas, tales como: altas temperaturas, sequias, intensidad lumínica, deficiencia nutricional, salinidad, entre otros, los cuales afectan directa o indirectamente la función del PSII y, por ende, modifica la emisión de la fluorescencia (Moreno, et al; 2008).

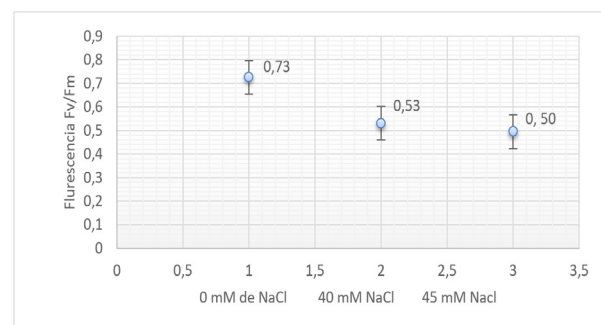


Figura 4. Fluorescencia de la clorofila en los tratamientos de salinidad.

La relación F_v/F_m , es “una estimación de la eficiencia cuántica máxima de la actividad fotoquímica del PSII cuando todos los centros de reacción del PSII están abiertos” (Baker et al; 2004). F_m hace referencia a la fluorescencia máxima, mientras que F_v fluorescencia mínima; por lo tanto, una disminución en valor F_v/F_m indica una reducción en la eficiencia fotoquímica del PSII y una perturbación o daños en el aparato fotosintético (Jiménez, et al; 2015). Es muy probable que la salinidad presente en el suelo haya generado cierre estomático como primera respuesta al estrés (Jiménez, et al; 2015), y un efecto en el intercambio de gases con la atmósfera, ocasionando la disminución de CO_2 que genera saturación de electrones en el PSII (Africano, et al; 2015).

Daño en membrana plasmática por pérdida de electrolitos.

Los valores obtenidos de conductividad eléctrica del suelo, evidencian un tratamiento sin salinidad y dos tratamientos con salinidad. La salinidad de los suelos agrícolas afecta directamente la productividad de los cultivos tolerantes a esta condición (Camacho, 2013). La salinidad del suelo se expresa en términos de conductividad eléctrica (CE), que indica la “velocidad con la que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, siendo esta proporcional a la concentración de sales en la solución” (Mata-Fernández, et al; 2007). La conductividad eléctrica del suelo, se mide en milimhos por centímetro cúbico (mmhos/cm³) o decism (dSm-1) (Basurto, et al; 2008) y se considera un suelo salino cuando el complejo coloidal presenta principalmente con sodio (Na⁺) determinado cuando la conductividad del extracto de saturación es mayor a 4 dSm-1 a 25° C (Allison, et al; 1990).

La conductividad en el tratamiento T0 presento un promedio de 1,72 ds/m, valor que se encuentra por debajo de 4 ds/m por lo que se puede establecer que el tratamiento control, no era suelos salinos, mientras que en los tratamientos T1 y T2, los valores de conductividad están por encima de 4 ds/m, indicando salinidad en el suelo, con más o menos 40 mM de NaCl, corresponden a las concentraciones agregadas al suelo al inicio de la investigación. El tratamiento T2 con 4,64 ds/m, registro un valor superior que el tratamiento T1 que corresponde aproximadamente a 46 mM de NaCl.

El parámetro de conductividad eléctrica del suelo se calculó con el fin de monitorear los cambios posibles presentados a lo largo de la investigación. Se encontró que en el suelo control, la conductividad eléctrica tubo un promedio de 1.725 a lo largo de la fase investigativa, mientras T1 y T2 presentaron valores de 4.175 y 4.64 respectivamente. La salinidad de los suelos agrícolas afecta directamente la productividad de los cultivos (Camacho-Tamayo, 2013). La salinidad del suelo se expresa en términos de conductividad eléctrica (CE), que indica la “velocidad con la que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, siendo esta proporcional a la concentración de sales en la solución” (Mata- Fernández, et al; 2007). Dentro de las consecuencias generadas por la salinidad perjudican el desarrollo y la productividad de los cultivos (Mata- Fernández, et al; 2007).

Conclusiones

La salinidad de los suelos afecta negativamente el cultivo de ñame, interviniendo en la brotación de las semillas, altura de la planta, y aparición del número de hojas, por lo tanto, la fluorescencia de la clorofila de las plantas de ñame espino, cultivar botón, se ve afectada a causa de la salinidad, reduciéndose hasta en un 80 % la brotación de los tubérculos cuando se tienen concentraciones de salinidad de más de 40 mM de NaCl en el suelo, ocasionando en las hojas aumento del grosor y mayor serosidad. Mayores valores de salinidad se tiene menores valores en la eficiencia fotoquímica F_v/F_m del PSII, por lo tanto, las plantas no sobreviven en condiciones de suelo salino con conductividad eléctrica igual o mayor a 4 ds/m. se deben hacer pruebas completarias al fenotipar para detectar los cambios sutiles en los fenotipos.

Bibliografía

Amusa, N., Adigbite, A., Muhammed, S., & Baiyewu, R. (2004). Yam diseases and its management in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 2(12), 497-502.

Athar HR, Ashraf M. 2009. Strategies for crop improvement against salinity and drought stress: An overview. En: Ashraf M, Ozturk MÑ, Athar HR. [Eds.]. *Salinity and water stress improving crop efficiency*. Osnabrueck:

- Springer. (Springer series editor in Tasks for Vegetation Sciences; 44). pp. 1-16.
- Cuartero J, Bolarín MC, Asíns MJ, Moreno V. 2006. Increasing salt tolerance in the tomato. *Journal of Experimental Botany*, 57(5): 1045 -1058.
- Huang, M., Guo, Z. (2005). Responses of antioxidative system to chilling stress in two rice cultivars differing in sensitivity. *Biol. Plantarum*, 49(1):81-84. doi: 10.1007/s00000-005-1084-3.
- Munns R, Tester M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59(1): 651-681.
- Africano Pérez, K. L., & Pinzón Sandoval, E. H. (2015). Comportamiento fisiológico de plantas de rábano (*Raphanus sativus L.*) sometidas a estrés por salinidad. *Conexión Agropecuaria JDC*, 4(2), 11-22.
- Allison, L., Brown, J., Hayward, H., Richards, L., Bernstein, L., Fireman, M., et al. (1990). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos: Limusa.
- Azcón-Bieto, j. (2000). fundamentos de fisiología vegetal In M. Talón (Ed.): McGraw-Hill.
- Baker, N. R., & Rosenqvist, E. (2004). Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental botany*, 55(403), 1607-1621.
- Basurto, S., Núñez, B., Pérez, L., & Hernández, R. (2008). Fisiología del estrés ambiental en plantas. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua-México. *Synthesis-Aventuras del pensamiento*, 1-5.
- Camacho-Tamayo, J. H. (2013). Relación espacial entre la conductividad eléctrica y algunas propiedades químicas del suelo. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 16(2), 401-408.
- Coca, A., Carranza, C., Miranda, D., & Rodríguez, M. (2013). Efecto del NaCl sobre los parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad de la cebolla de bulbo (*Allium cepa L.*) bajo condiciones controladas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(2), 196-212.
- Díaz, L. P., Namur, J. J., Bollati, S. A., & Arce, O. E. A. (2010). Acclimatization of *Phalaenopsis* and *Cattleya* obtained by micropropagation. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(2), 27-40.
- Dodd, G. L., & Donovan, L. A. (1999). Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. *American Journal of Botany*, 86(8), 1146-1153.
7. FAO, 2008. Land and Plant Nutrition Management Service. Disponible desde Internet en: <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush> (con acceso 24/09/2017)]
- Falcón Oconor, E., Rodríguez Leyva, O., & Rodríguez Matos, Y. (2015). Aplicación combinada de micorriza y FitoMas-E en plantas de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell (Majagua). *Cultivos Tropicales*, 36(4), 35-42.
- Flowers, T. (2004). Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental botany*, 55(396), 307-319.
- Garrido Correa, A. J., & Benitez Calderín, H. E. (2010). Desarrollo de metodologías para el enraizamiento in vitro de *Dioscorea cayenensis* Cv" Ñame amarillo" y su aclimatación a condiciones in vivo.
- Garsaball, J. A. L., Méndez, J. R., & Mayz-Figueroa, J. (2007). Efecto de la salinidad del suelo sobre la germinación de semillas de maíz de diferentes pesos en el oriente venezolano. *Revista Temas Agrarios*, 12(2).
- Goykovic Cortés, V., & Saavedra del Real, G. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia (Arica)*, 25(3), 47-58.
- Jiménez-Suanca, S. C., & Balaguera-López, H. E. (2015). Fluorescence as an indicator of stress in *Helianthus annuus L.* A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 149-160.
- Leidi, E. O., & Pardo, J. M. (2002). Tolerancia de los cultivos al estrés salino: qué hay de nuevo.
- Lesmes, R., Molano, Á., Miranda, D., & Chaves, B. (2011). Evaluación de concentraciones de sal (NaCl) en el agua de riego sobre el crecimiento de lechuga 'Bata-

via' (*Lactuca sativa L.*). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 1(2), 222-235.

Magnusson, G. (1997). Diurnal measurements of F v/F m used to improve productivity estimates in macroalgae. *Marine Biology*, 130(2), 203-208.

Mata-Fernández, I., Rodríguez-Gamiño, M., López-Blanco, J., & Vela-Correa, G. (2007). Dinámica de la salinidad en los suelos.

Moreno, S. G., Vela, H. P., & Alvarez, M. O. S. (2008). La fluorescencia de la clorofila a como herramienta en la investigación de efectos tóxicos en el aparato fotosintético de plantas y algas. *Revista de Educación Bioquímica*, 27(4), 119-129.

Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.

Otero, J.; Gómez, C.; Sánchez, R. 2002. Zonificación de los procesos de salinización de los suelos de Colombia. Subdirección de Geomorfología y Suelos. IDEAM. 44p.

Prisco, J. T., & O'LEARY, J. W. (1970). Osmotic and toxic effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris L.* seeds. *Turrialba*, 20(2), 177-184.

Ramoliya, P.J.; Patel, H.M.; Pandey, A.N. 2006. Effect of salinization of soil on growth and nutrient accumulation in seedlings of *Prosopis cineraria*. *J. Plant Nutr.* 29:283-303.

Romero-Aranda, R., Soria, T., & Cuartero, J. (2001). Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science*, 160(2), 265-272.

Salisbury, F. y C. Ross, 1992. *Fisiología de las plantas*. Thomson Learning, España. pp. 69-70.

Sánchez-Bernal, E., Escobar, M. O., Hernández, V. G., Escobar, M. A. C., & Kohashi-Shibata, J. (2008). Crecimiento de plantas de papa (*Solanum tuberosum L.*) cv. Alpha, inducido por diversas soluciones salinas. *Interciencia*, 33(9), 643-650.