

**Tolerancia a la salinidad durante el
crecimiento del quelite *Amaranthus
hybridus* (Amaranthaceae) L. en condiciones
experimentales de laboratorio**

**Tolerance to salinity during the growth of the quelite
Amaranthus hybridus (Amaranthaceae) L. under
experimental laboratory conditions**

Félix Huaranga Moreno

Laboratorio de ecología / Área de estrés ambiental
Av. Juan Pablo II/S.N / Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo
rhuaran@gmail.com // <https://orcid.org/0000-0002-3557-0690>

Eduardo Méndez García

Laboratorio de biotecnología agrícola / Av. Juan Pablo II/S.N
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo
emengar@hotmail.com // <https://orcid.org/0000-0002-9947-2301>

Vito Quilcat León

Av. Juan Pablo II/S.N / Laboratorio de ingeniería química
Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Trujillo
vitoql47@gmail.com // <https://orcid.org/0000-0003-1382-3324>

Feliciano Bernui Paredes

Av. Juan Pablo II/S.N / Laboratorio de ingeniería ambiental
Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Trujillo
save@hotmail.com // <https://orcid.org/0000-0002-4696-2964>

Félix Huaranga Arévalo

Diderot 605/Urb. Rázuri-Trujillo / Agrosolutions S.R.L
ricardohuaranga@hotmail.com // <https://orcid.org/0000-0002-7445-9696>

Resumen

Uno de los parámetros hídricos de las plantas como es el CHR permite caracterizar la respuesta de las plantas frente al estrés hídrico e identificar aquellos genotipos mejor adaptados, por lo que en el presente estudio se determinó el comportamiento del contenido relativo de agua (CHR) en la especie *Amaranthus hybridus* L. (Amaranthaceae) en condiciones experimentales sometidas a salinidades de 60, 90, 135, 180 y 220 mM, cuyas semillas fueron obtenidas y seleccionadas del campo experimental de Ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo. El muestreo para el análisis correspondiente fue realizado en el estadio de floración. El diseño fue de bloques al azar con tres repeticiones. Los resultados indicaron a nivel del CHR una moderada tolerancia al estrés salino de la especie, concluyéndose que con la metodología utilizada es posible seleccionar genotipos resistentes a estrés salino.

Palabras clave: contenido de humedad, estrés, salinidad, comportamiento.

Abstract

One water parameters of plants as is the CHR to characterize the response of plants to water stress and identify better adapted genotypes, which in this studied the behavior of relative water content (CHR) was determined in *Amaranthus hybridus* L. (Amaranthaceae) species under experimental conditions under salinities of 30, 60, 90, 120 and 150 mM, whose seeds were obtained and selected the experimental field of Ecology of the Faculty of Biological Sciences of the National University of Trujillo. Sampling for the corresponding analysis was performed at the flowering stage. The design was randomized block with three replications. The results indicated CHR level moderate tolerance to salt stress of the species, concluding that the methodology used can be selected genotypes resistant to salt stress.

Keywords: moisture content, stress, salinity, behavior.

Citación: Huaranga, F.; E. Méndez; V. Quilcat; F. Bernui & F. Huaranga. 2020. Tolerancia a la salinidad durante el crecimiento del quelite *Amaranthus hybridus* (Amaranthaceae) L. en condiciones experimentales de laboratorio.

Arnaldoa 27 (2): 595-610 2020. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.272.27211>

Introducción

Químicamente el concepto relacionado con la salinidad incluye el efecto de todas las sales solubles, tanto las necesarias para la alimentación de las plantas, como las que son perjudiciales. Un suelo es considerado salino cuando tiene un exceso de sales solubles, entendiéndose como sales los diferentes componentes químicos que forman parte de los nutrientes y de los requerimientos de las plantas, bien sea porque se encuentran en la solución o precipitadas en el suelo (Campos, 2009; Gollmack *et al.*, 2014).

Se ha comprobado que los efectos de la salinización en los suelos inhiben el

crecimiento de muchos cultivos, atacando estados fenológicos de iniciación del crecimiento de las plantas como la germinación, periodo crítico en la vida de la planta, en el que aumenta su sensibilidad a la salinidad. Dos ejemplos claros son la germinación de la "cebada" y el "trigo", que no toleran salinidades superiores a 4-5 dS/m a 25 °C (Zhu, 2001).

Royo & Cantero (1996), plantearon que la superficie agrícola del planeta afectada por salinidad y/o alcalinidad es de alrededor de mil millones de hectáreas; lo que varía, desde valores de 230 millones hasta casi mil millones de hectáreas, estando presente en todos los continentes.

Otras estimaciones indican que un tercio de la superficie mundial bajo riego (unas 230 millones de hectáreas) se encuentran afectadas en mayor o menor grado por la salinidad, proyectándose que el área de tierra agrícola afectada por la salinidad se duplicará en los próximos 35 años (Florez *et al.*, 1996; Gilliham *et al.*, 2018).

Dentro de las investigaciones sobre el particular, puede mencionarse a Ortiz *et al.* 2002, quienes para optimizar la tolerancia a la salinidad en cultivos, utilizaron métodos de mejora y selección tradicionales así como la producción de organismos modificados genéticamente. La base de esta línea de investigación está hoy sustentada en la identificación e incorporación de genes procedentes de parientes silvestres tolerantes, la domesticación de plantas halófilas silvestres y la identificación de caracteres relacionados con la tolerancia empleando marcadores moleculares, así como la incorporación de genes cuya expresión modifica mecanismos bioquímicos y fisiológicos involucrados en la tolerancia (Vintimilla, 2017 y Gilliham *et al.*, 2018).

Meriño *et al.* (2018) trabajando con el "garbanzo" (*Cicer arietinum* L.) especie sensible a la salinidad, encontraron la existencia de diferencias en cuanto al grado de tolerancia a este tipo de estrés, de acuerdo a los tipos de cultivares experimentados. Asimismo, Ortiz *et al.* (2002) y Tenhaken (2015), demostraron que la salinidad afecta el crecimiento y producción de los cultivos al reducir el potencial hídrico de la solución del suelo, disminuyendo así la disponibilidad de agua, y al crear un desequilibrio nutritivo dado la elevada concentración de elementos (Na⁺, Cl⁻) que pueden interferir con la nutrición mineral y el metabolismo celular. Asimismo, encontraron que los diversos efectos observados a distinta

escala, desde reducción de turgencia y crecimiento hasta la pérdida de la estructura celular por desorganización de membranas e inhibición de la actividad enzimática, son el producto combinado de estrés hídrico, toxicidad iónica y desequilibrio nutricional.

Por otra parte, Hasegawa *et al.* (2000) encontró que una célula vegetal expuesta a un medio salino equilibra su potencial hídrico perdiendo agua, lo que produce la disminución del potencial osmótico y del potencial de turgencia, hecho que genera señales químicas (aumento del Ca²⁺ libre intracelular, síntesis de ABA,) los que desencadenan posteriores respuestas adaptativas. Datta & Jong (2000), trabajando el tema de tolerancia a la salinidad en plantas encontraron que la acumulación de solutos orgánicos e inorgánicos a nivel intracelular reducen el potencial osmótico celular, así como la reducción en la conductividad hidráulica de las membranas, posiblemente por disminución del número o apertura de los canales de agua (acuaporinas).

Anon, 1986, en sus estudios sobre estrés salino encontraron que los cambios inducidos por el estrés salino en la ultra estructura, morfología y desarrollo de tejidos especializados (endodermis y exodermis) de la raíz reflejan los cambios adaptativos conducentes al control de la absorción y transporte de agua y iones a la parte aérea.

En cuanto al contenido hídrico relativo Kramer (1974), menciona que el porcentaje de agua máxima que puede contener una hoja a plena turgencia arroja un resultado para el CHR de alrededor de 60% a 70%, estando el estado hídrico de la hoja íntimamente relacionado con variables fisiológicas, tales como la turgencia de las hojas, el crecimiento, la conductancia estomática, la transpiración, la fotosíntesis

y la respiración.

En nuestro país, La Rosa *et al.*, 2011, trabajando con la especie *Hibiscus rosa sinensis* L. (Malvaceae) sobre suelo agrícola introducido en el cerro "El Agustino", distrito El Agustino, Lima, Perú, encontró valores de CHR de entre 43% y 53%; mientras que Borjas *et al.*, 2015, trabajando con dos variedades de olivo *Olea europea* L., en el valle desértico de Cañete-Perú, determino que el CHR para estas variedades estuvo en el nivel de 63% y 78%.

Buscando una solución a la problemática agroecológica actual sobre salinización de suelos y estrés abiótico salino en plantas, se propuso el establecimiento de un sistema experimental de quelite *Amaranthus hybridus* L., una de las malezas de mayor distribución en los diferentes pisos ecológicos de nuestro país, con la finalidad de medir su respuesta a la máxima tolerancia a concentraciones de cloruro de sodio, cuyos resultados nos permitirán servir de base para su análisis genético futuro y por tanto ser utilizada esta planta como material en investigaciones biotecnológicas y de ingeniería genética relacionadas con la productividad agronómica de plantas cultivadas.

El objetivo planteado en la presente investigación fue determinar la respuesta máxima tolerable de cloruro de sodio del quelite a través del peso seco, peso fresco, peso turgente y contenido hídrico en relación a las concentraciones de 60, 90, 135, 180 y 220 mM/L de NaCl.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Ecología y Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú, ubicado en el primer piso del Pabellón de

Ciencias Biológicas - Ciudad Universitaria; así como en la unidad de hidroponía del campo experimental de Ecología.

Las semillas, fueron obtenidas de plantas de quelite que crecen como malezas en el campo experimental de Ecología, las que previo al experimento fueron seleccionadas y superficialmente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 5% por 3 minutos, luego fueron sembradas en bolsas de germinación de polietileno de 2 kg de capacidad con suelo agrícola exento de NaCl (Fig. 1 y 2) en un número de tres semillas por unidad experimental, y en donde al final de las dos primeras semanas de crecimiento se hizo el correspondiente raleo dejando sólo a la planta más vigorosa. A partir de la tercera semana las plántulas semanalmente eran regadas con soluciones de 60, 90, 135, 180 y 220 mM/L de NaCl, Como testigo se utilizó agua destilada con una conductividad eléctrica igual a 0 dS/m. Experimentalmente se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 3 repeticiones. Los datos se analizaron con la prueba estadísticas de ANOVA.

La recolección de las muestras para el análisis se realizó durante la época de floración después de iniciada la fase experimental; luego se realizaron las siguientes medidas fisiológicas: peso fresco, peso turgente y peso seco para determinar el CHR (Contenido Hídrico Relativo) y analizar el estrés generado por el sistema salino.

La medida del Contenido Hídrico Relativo (CHR) foliar se calculó por medio del método gravimétrico, siguiendo la metodología propuesta por Mena-Petite *et al.*, 1999. Para ello, en primer lugar se determinó el peso fresco (PF) de las hojas tras la cosecha. Posteriormente las muestras se introdujeron en vasos de precipitación

con agua destilada y se sometieron a refrigeración a 4°C; transcurridas 24 horas se anotaron el peso turgente (PT). Por último, el peso seco (PS) se determinó a las 72 horas luego de introducir el material en estufa a 80°C.

El Contenido Hídrico Relativo se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CHR (\%)} = \frac{\text{PF-PS}}{\text{PT-PS}} * 100$$

Resultados

El estudio del régimen hídrico de las plantas en condiciones salinas es de gran importancia, ya que las que mejor economicen este importante recurso para la vida, tendrán mejores rendimientos. El CHR es la expresión más usada para medir el nivel de agua de un tejido. Es la medida del contenido de agua respecto al total que este puede almacenar; se expresa como porcentaje y permite conocer el estado hídrico de la planta. Se relaciona con el potencial hídrico porque éste y sus componentes, potencial de presión y de solutos, son función del volumen de agua del protoplasma.

Los resultados de la presente investigación permitieron observar una disminución en la velocidad del crecimiento de las plántulas, pérdida de intensidad en el color verde de las plántulas, amarillamiento de las hojas, caída de hojas y yemas (Fig. 3). Asimismo, en el Cuadro 1 y Figuras 5, 6, 7 y 8, puede observarse que en la mayoría de las concentraciones salinas, las plantas mostraron valores bajos del CHR en el estadio de floración estudiado, indicando que en estas condiciones la eficiencia en el uso del agua disminuye, notándose sus efectos en el estadio de desarrollo de

floración los que fluctuaron entre 27,07% y 44,91% en el CHR.

En el Cuadro 1 se observa también que valores de 60 mM, representa a una concentración con respuestas casi similares al desarrollado por plantas normales. De igual modo se ha notado que los valores de la desviación estándar entre repeticiones están dentro de los valores considerados como normales (Cuadro 1). Del mismo modo, la prueba de ANOVA demuestra que la diferencia entre repeticiones a nivel de las diversas concentraciones salinas no es significativa ($p=0,5684$, para peso fresco; $p=0,6395$, para peso turgente y $p=0,6038$, para peso seco).

Discusión

Según Barrs & Weatherley (1962) y Acevedo *et al.* (1998) la resistencia al estrés hídrico en las especies de cultivo está asociada al grado en que éstas regulan el contenido de agua y el potencial hídrico foliar durante el estrés. La capacidad de una planta para mantener su estado hídrico a medida que el potencial hídrico del suelo disminuye constituye una adaptación al déficit hídrico. Esta capacidad se refleja en el contenido relativo de agua (CRA), en el potencial de solutos (ψ_s) de los tejidos y en el ajuste osmótico (AO).

Esta afirmación, se relaciona con los resultados de los parámetros hídricos calculados en la presente investigación, donde el contenido hídrico relativo a turgencia cero resultó en un 44,91% y a una concentración de NaCl de 220 mM, esto indica que la planta inicia la plasmólisis celular con una pérdida de un 55,09% del contenido hídrico relativo, esto significa que el quelite *Amaranthus hybridus* L., es una planta moderadamente tolerante al estrés salino.

Este resultado concuerda también con los encontrados por La Rosa *et al.*, 2011, quien determinó CHR de 34% y 55% trabajando con *Hibiscus rosa sinensis* L., donde la respuesta primordial es el ajuste osmótico que esta planta realiza a nivel radicular, lo cual se refleja en la irregularidad del potencial hídrico, así como en la disminución del % CHR foliar, siendo estos parámetros los que indican la capacidad de la planta para mantener un equilibrio en su estado hídrico a pesar de las condiciones estresantes, de déficit hídrico. La explicación fisiológica, bioquímica y molecular de este tipo de comportamiento fue explicada por Gupta & Huang (2014).

Sobre el particular, Azcon & Talón (2001), plantean que especies con menores valores promedio de elasticidad de la pared celular son más tolerantes al estrés hídrico generados por la presencia de salinización en los suelos, al ser más elásticas sus

células, ya que presentan una alta tasa de ajuste que les sirve para retener agua a diferentes potenciales hídricos.

En relación con la tolerancia a la salinidad en investigaciones en "trigo", se ha demostrado una disminución de la tolerancia a la salinidad a medida que transcurren las distintas fenofases del cultivo, demostrándose que el factor genético que controla la tolerancia a la salinidad pudiera estar localizado en el genoma DD, aspecto que ha sido señalado por Amor *et al.*, 2001; Mano & Takeda, 2001, y Acevedo *et al.*, 2003.

Por otro lado, Gucci *et al.* (1999) trabajando con plantas de "olivo", demostraron que el CHR en muestras de raíces estas muestran valores que se encuentran en el rango normal para esta especie, el que fluctúa entre 75% y 80%; situación que no se refleja en los contenidos

hídricos en las hojas los que se mantienen constantes como respuesta a algún tipo de regulación. Resultados casi similares fueron encontrados en plantas de "olivo" por Borjas *et al.*, 2015, con valores de 68% y 74%.

Asimismo, D'Anna *et al.* (2003), al comparar el peso fresco y el peso seco de plantas de fresa, determinaron un comportamiento inversamente proporcional a la concentración de sal, similares a los encontrados en la presente investigación.

Prazak (2001), sostiene también en relación al tema que una ineficiente economía del agua en las plantas cultivadas en condiciones salinas ocurre, debido a la aparición de un estado de sequía fisiológica, que no se debe a la falta de agua en el suelo, sino a que la planta no puede absorberla con facilidad porque el suelo posee una alta concentración de sales y, por tanto, valores del potencial hídrico tan bajos, que pueden llegar a ser inferiores al potencial de la célula, limitando la absorción del agua y si este fenómeno se produce por mucho tiempo, la planta puede morir.

Afirma también, que la importancia práctica del estudio de la tolerancia a la salinidad en el germoplasma disponible, basado en el régimen hídrico, radica en el manejo sustentable de los recursos fitogenéticos en áreas afectadas por el estrés, donde las medidas de rehabilitación mediante el lavado son además de costosas, de muy difícil ejecución, debido al mal drenaje y a la proximidad del manto freático a la superficie del suelo, por lo que este monitoreo en dicho germoplasma permitiría seleccionar el material con mayores perspectivas de crecimiento y rendimiento.

Por otra parte, Vintimilla (2017) trabajando con el "tomate de árbol" (*Solanum betaceum*), en relación a la tolerancia a la salinidad de esta especie encuentra que el screening de variedades en las especies pudiera servir como base para el mejoramiento genético por selección y/o por otras técnicas genéticas; similares comportamientos fueron determinados por Muns (2005). Por ejemplo, actualmente, se desarrollan proyectos de investigaciones de introducción y validación de variedades de "trigo" con tolerancia a la salinidad y a la sequía, sobre la base de indicadores fenológicos, fisiológicos, bioquímicos y moleculares, con vistas a mitigar el problema de los suelos salinos y lograr, de esta manera, un acercamiento a su rentabilidad.

Finalmente, remarcaremos que el ajuste osmótico es un proceso que consiste en la acumulación activa de solutos en tejidos de la planta en respuesta a una disminución de la disponibilidad de agua. Con ello se disminuye el potencial de solutos y el potencial hídrico total de tallos, hojas, y raíces (Turner & Jones, 1980; Girma & Krieg, 1992). Como resultado, las plantas pueden absorber agua a potenciales hídricos del suelo menores y mantener la presión de turgencia y la actividad fisiológica relacionada al contenido hídrico en los tejidos (Hsiao *et al.*, 1976; Blum & Sullivan, 1986; Ludlow *et al.*, 1990).

Conclusiones

El contenido hídrico relativo de agua en las hojas de *Amaranthus hybridus* L. (Amaranthaceae), muestra una relación inversa entre concentración salina y valores de CHR en porcentaje que condicionan su tolerancia al estrés salino.

Amaranthus hybridus L., es una especie moderadamente resistente al estrés hídrico generado por concentraciones salinas.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son la base para realizar estudios futuros de la respuesta a la salinidad a nivel genético, con aplicación a plantas cultivadas de importancia alimentaria.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Trujillo, Dirección de Investigación, por financiar parte de la presente investigación a través del Fondo de Desarrollo Universitario a la Investigación, a Mercedes Chaman, por sus comentarios a lo largo de la ejecución de la investigación y a Noé Costilla por la revisión del manuscrito.

Contribución de los autores

F. H., E. M., F. B. & F. H.: Los autores realizaron las actividades de obtención del material biológico, experimentación, la redacción del manuscrito y aprobación del mismo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Literatura citada

- Acevedo, E.; H. Silva & P. Silva.** 1998. Tendencias actuales de la investigación en la resistencia al estrés hídrico de las plantas cultivadas. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. En: Boletín Técnico N° 49: 1-28.
- Acevedo, E.; L. Karpata; R. Durán; L. Pisbor & M. Velazco.** 2003. Resistance to abiotic stresses. Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetal, Vol. 2 (1). 75-79.
- Amor, F.; V. Martínez & A. Cerdá.** 2001. Optimización del manejo de aguas salinas en el cultivo del tomate en invernadero. Agrícola Vergel, Vol. 239: 588-592.

- Anon, A.** 1986. Resumen de los trabajos actuales y proyección para enfrentar la problemática de la salinidad en Cuba hasta el año 2000. Departamento de Evaluación, Mejoramiento y Conservación de los Suelos. Centro Nacional de Suelos y Fertilizantes. 10 pp.
- Azcon, J. & M. Talon. 2001. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Interamericana McGraw - Hill. España. 450 pp.
- Barrs, H. & P. Weatherley.** 1962. A reexamination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Australian Journal of Biological Science Vol.15: 413-428.
- Blum, A. & C. Sullivan.** 1986. The comparative drought resistance of landraces of sorghum and millet from dry and humid regions. Annals of Botany. Vol. 57: 835-846.
- Borjas, R.; D. Rebaza & A. Julca.** 2015. Contenido hídrico de dos variedades de "olivo" (*Olea europea* L.) en el valle de Cañete, Lima-Perú. Scientia Agropecuaria. Vol. 6 (3):147-154.
- Campos, J.** 2009. Manual de Agricultura y ganadería ecológica. Edit. Mundi Prensa, Madrid, España.
- D'Anna, F.; G. Incalterra; A. Moncada & A. Miceli.** 2003. Effects of different electrical conductivity on strawberry grown in soils culture. En. Acta Horticulturae. Vol. 609:355-360
- Datta, K. & C. Jong.** 2000. The effect of soil salinity on land productivity in the Gahana Harrana, India Annual Report International. Institute for Land Reclamation and Improvement. 10 pp.
- Florez, A.; V. Gálvez; O. Hernandez; J. López; A. Aguirre & R. Gallego.** 1996. Salinidad un nuevo concepto. Universidad de Colima. Mexico.
- Gilliham, M.; L. Qiu & R. Guan.** 2018. Tolerancia a la salinidad en la soya por el gen GmSALT3. The Plant Journal, Vol. 80:937-950.
- Girma, F. & D. Krieg.** 1992. Osmotic adjustment in sorghum. Plant Physiology. Vol. 99: 577-582.
- Golldack, D.; C. Li; H. Mohan & N. Probst.** 2014. Tolerance to drought and salt stress in plants: unraveling the signaling networks. Frontiers in Plant Science. Vol. 5(121).
- Gucci, R.; L. Lombardini & M. Tattini.** 1999. Analysis of leaf water relations in leaves of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars differing in tolerance to salinity. Tree Physiol. Vol.17:13- 21.
- Gupta, B. & B. Huang.** 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. International Journal of Genomics, 2014.
- Hasegawa, P. R. Bressan; J. Zhu & H. Bohnert.** 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Vol 1. 51:463-499.
- Hsiao, T.; E. Acevedo; E. Fereres & D. Henderson.** 1976. Stress metabolism. Philosophical Transaction Royal Society of London Series B 273: 479-500.
- Jaramillo, V.; V. Arahana & M. Torres.** 2014. Determinación del nivel de tolerancia a salinidad en condiciones *in vitro* de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) provenientes de distintas localidades de la Sierra ecuatoriana. Rev. Avances en Ciencias e Ingeniería. Quito, Ecuador. Vol. 6(1): B44-B50.
- Kramer, P.** 1974. Relaciones hídricas del suelo y plantas. Una síntesis moderna. Edit. Mundi Prensa, España. 538 pp.
- La Rosa, R.; R. Acuña; K. Acurio; A. Castillo; C. Céspedes; C. Chávarry; M. Correa; L. De la Cruz; M. Huamani; J. Jáuregui; L. Luyo & F. Villanueva.** 2011. Respuestas fisiológicas de *Hibiscus rosa-sinensis* L. (Malvaceae) en el Cerro "El Agustino", Lima Perú. The Biologist, Lima. Vol. (1):1-8
- Ludlow, M.; J. Santamaria & S. Fukai.** 1990. Contribution of osmotic adjustment to grain yield in *Sorghum bicolor* under water-limited conditions. II Water stress after anthesis. Australian Journal of Agricultural Research. Vol. 41: 67-78.
- Mano, Y. & K. Takeda.** 2001. Genetic resources of salt-tolerance at germination and seedling stage in wheat. Japanese Journal of Crop Science, Vol. 70 (2): 215-220.
- Mena-Petite, A.; M. Duñabeitia; B. González-Moro; A. Muñoz-Rueda & M. Lacuesta.** 1999. Sequential effects of acidic precipitation and drought on water relations of *Pinus radiata* seedlings. J. Plant Physiol. Vol.155: 93-100.
- Muns, R.** 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist, Vol. 167:645-663.
- Ortiz, E.; E. Leidi & J. Pardo.** 2002. Tolerancia de los cultivos al estrés salino: qué hay de nuevo. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Rosario. Vol. II: 2.
- Prazak, R.** 2001. Salt-tolerance of *Triticum monococcum* L. *Triticum dicocum* (Schank) Schubl., *Triticum*

durum Desf and *Triticum eastivum* L. seedlings.
Journal of Applied Genetics, Vol. 42 (3): 289-292.

- Royo, A. & C. Cantero.** 1996. Efecto de la salinidad sobre la cebada (*Hordeum vulgare* L.). Análisis de caracteres morfo-fisiológicos y su relación con la tolerancia a la salinidad. (Tesis de Master). España: Universidad de Lérida.
- Tenhaken, R.** 2015. Cell wall remodeling under abiotic stress. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 5:771.
- Turner, N. & M. Jones.** 1980. Turgor maintenance by osmotic adjustment: A review and evaluation. En: Turner NC & PJ Kramer (eds). Wiley Inter Science, New York. Adaptation of plants to water and high temperatura stress: 87-103.
- Vintimilla, C.** 2017. Cuantificación relativa de la expresión de genes candidatos de tolerancia a la salinidad en tomate de árbol (*Solanum betaceum*). Tesis para Optar el Grado de Ingeniero de Procesos Biotecnológicos. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Perú. 59 pp.
- Zhu, J.** 2001. Plant salt tolerance. *Trens Plant Sci*. Vol. 6: 66-71.

Cuadro 1. Resultados de las medidas fisiológicas: peso fresco, peso turgente y peso seco para determinar el CHR (Contenido Hídrico Relativo) y analizar el estrés generado por el sistema salino sobre el quelite.

TRATAMIENTO/ REPETICIÓN		PESO FRESCO (g)	PESO TURGENTE (g)	PESO SECO (g)	CHR (%)
C R1	CONTROL	5,990	16,145	1,735	29,520
C R2		4,480	11,970	1,245	30,160
C R3		6,610	17,290	1,700	31,490
PROM.		5,693	15,135	1,560	30,390
DESV.EST.		1,096	2,800	0,273	1,005
T1 R1	60 mM	5,755	15,690	1,845	28,240
T1 R2		4,970	8,640	0,865	27,070
T1 R3		3,855	9,710	1,460	29,030
PROM.		4,860	11,347	1,390	28,113
DESV.EST.		0,955	3,799	0,494	0,986
T2 R1	90 mM	4,365	9,000	1,640	37,560
T2 R2		4,175	10,200	0,875	35,350
T2 R3		5,835	14,105	1,325	35,280
PROM.		4,792	11,102	1,280	36,063
DESV.EST.		0,909	2,669	0,384	1,297
T3 R1	135 mM	5,410	14,105	1,495	40,970
T3 R2		5,335	10,820	1,315	42,290
T3 R3		5,190	10,075	1,045	41,320
PROM.		5,312	11,667	1,285	41,527
DESV.EST.		0,112	2,144	0,226	0,684
T4 R1	180 mM	5,320	11,110	0,935	43,090
T4 R2		4,700	9,260	1,160	43,700
T4 R3		5,330	9,580	2,200	42,410
PROM.		5,117	9,983	1,432	43,067
DESV.EST.		0,361	0,989	0,675	0,645
T5 R1	220 mM	4,115	8,030	1,020	44,150
T5 R2		4,505	9,605	0,755	44,110
T5 R3		4,802	9,412	0,940	44,910
PROM.		4,474	9,016	0,905	44,390
DESV.EST.		0,345	0,859	0,136	0,451



Fig. 1. Planta de quelite *Amaranthus hybridus* L. seca con semillas.



Fig. 2. Obtención de las semillas de quelite *Amaranthus hybridus* L.



Fig. 3. Unidades experimentales en crecimiento *Amaranthus hybridus* L.



Fig. 4. Plantas de quelite *Amaranthus hybridus* L. para la evaluación final.

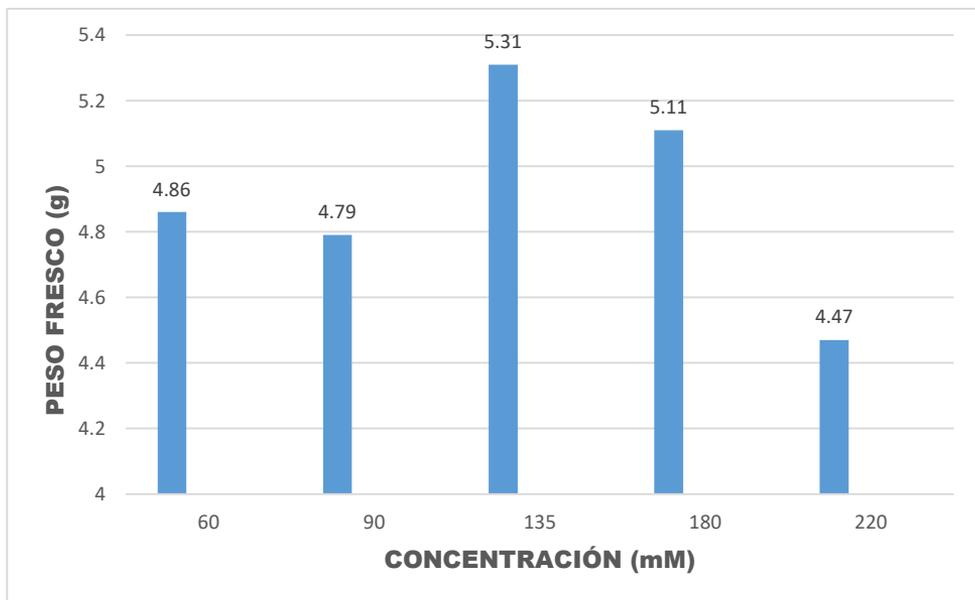


Fig. 5. Peso fresco de hojas de *Amaranthus hybridus* L., en muestras de plantas en la época de floración.

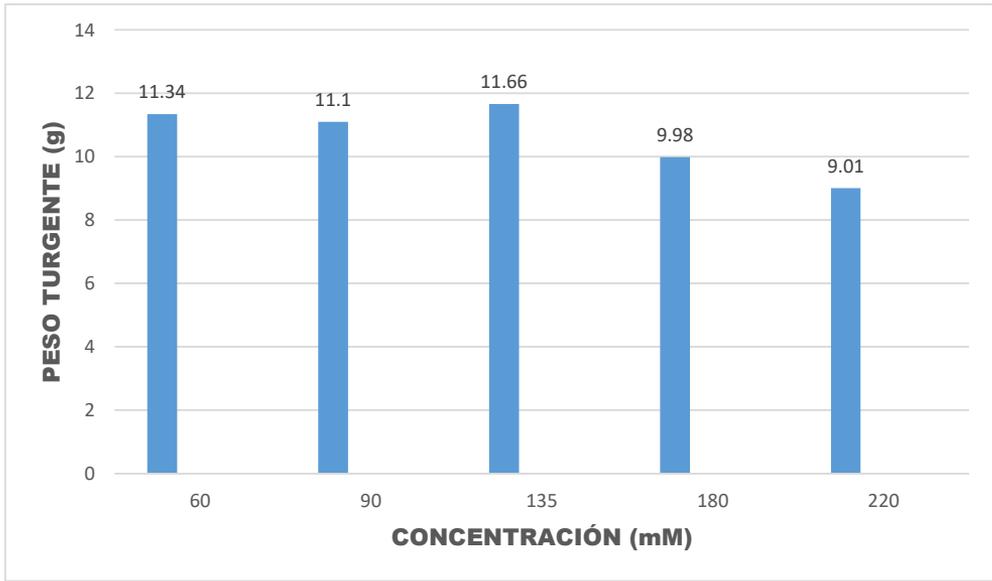


Fig. 6. Peso turgente de hojas de *Amaranthus hybridus* L., en muestras de plantas en la época de floración.

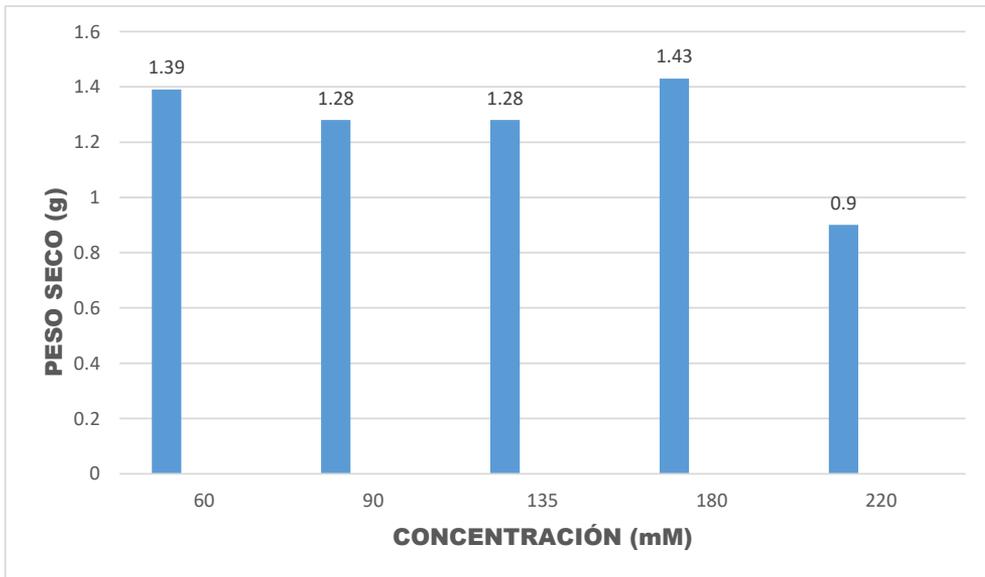


Fig. 7. Peso seco de hojas de *Amaranthus hybridus* L., en muestras de plantas en la época de floración.

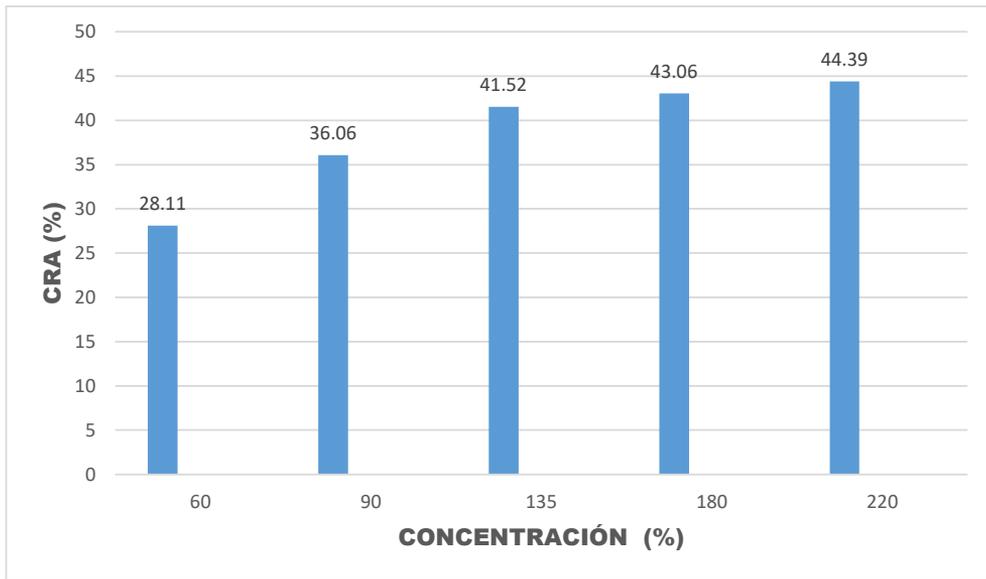


Fig. 8. Valores del coeficiente hídrico relativo (CRA) en porcentaje de hojas de *Amaranthus hybridus* L., en muestras de plantas en la época de floración.

