

ALGUNOS PARÁMETROS FISIOLÓGICOS DE *Aloe vera* (L.) Burm. f. (SÁBILA) EN GUAYACÁN, PENÍNSULA DE ARAYA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

SOME PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF *Aloe vera* (L.) Burm. f. (SÁBILA) IN GUAYACÁN, PENÍNSULA OF ARAYA, SUCRE STATE, VENEZUELA

VÍCTOR A. FRANCO-SALAZAR, JOSÉ A. VÉLIZ, ROSANNA VALERIO CARABALLO

Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Escuela de Ciencias, Departamento de Biología,
Laboratorio de Fisiología Vegetal, Cumaná, Venezuela. E-mail: vafrancos@gmail.com

RESUMEN

Se evaluaron algunos parámetros fisiológicos de *Aloe vera* en dos parcelas, una alejada del mar (parcela A) y otra cercana al mar (parcela B), próximas a la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, Venezuela, durante las estaciones seca y lluviosa. Se determinó el volumen y contenido relativo de agua (CRA) foliar, el contenido de proteínas y prolina en extractos acuosos clorénquimáticos y la aloína foliar exudada. El volumen foliar fue menor en las plantas cosechadas de la parcela B y durante la estación seca; mientras que el CRA solo fue menor en la estación seca. El clorénquima de las plantas cosechadas en sequía tuvo menor contenido de proteínas y prolina. El contenido de proteínas también fue menor en la parcela B. Las hojas de sábila de la parcela alejada del mar, durante la estación seca, presentaron los máximos valores de aloína. Los resultados sugieren cultivar sábila en zonas costeras no muy cercanas al mar y con un suministro apropiado de agua para obtener mayor volumen y CRA foliar. Si lo que se quiere es alcanzar mayor producción de aloína, entonces es aconsejable suministrar poca agua al sitio de cultivo.

PALABRAS CLAVE: Proteínas, prolina, aloína, sequía, lluvia.

ABSTRACT

Some physiologic parameters of *Aloe vera* were evaluated in two plots, plot A far from the sea and plot B near the sea, both situated close to Guayacán, Araya Peninsula, Venezuela during dry and wet seasons. Leaf volume and relative water content (RWC), protein and proline contents in aqueous chlorenchymatic extracts and foliar aloin exudates were determined. Leaf volume was smaller in plot B in harvested leaves during the dry season; whereas RWC was only smaller in the dry season. Chlorenchyma protein and proline contents were smaller in drought harvested plants. Protein content was also smaller in plot B. The aloin maximum levels were found in *A. vera* leaves of plot A and in the dry season. The results suggest that *A. vera* could be cultivated in coastal zones but not so near the sea and with adequate water supply in order to obtain larger foliar volume and RWC. If instead, a larger production of aloin is desired, it is advisable to supply little water to the plants in the cultivated area.

KEY WORDS: Proteins, proline, aloin, drought, rain.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones edafo-climáticas de las zonas áridas y semiáridas del norte de Venezuela son poco aptas para el crecimiento y rendimiento de los cultivos tradicionales, ya que ocasionan estrés por sequía, debido a que el agua disponible en el suelo se reduce y las condiciones atmosféricas ocasionan una pérdida continua de agua por evapotranspiración (Díaz 2001). Por su parte, la salinidad también induce efectos parecidos al estrés por sequía (Ruiz *et al.* 1997, Ghoulam *et al.* 2002) afectando la fisiología de las plantas.

Algunas plantas (*Fouquieria splendens*, *Sorghum bicolor*, entre otras) tienen respuestas fisiológicas frente a la sequía y salinidad, como el incremento en el contenido de ácido abscísico y el cierre estomático. Además, pueden incrementar la síntesis de proteínas, para proveer a la planta de mecanismos osmoprotectores, y acumular

solutos compatibles como por ejemplo betaína, prolina y manitol, que actúan en el ajuste osmótico y estabilidad de las macromoléculas y macroestructuras (Rodríguez *et al.* 2003, Ashraf y Harris 2004).

Aloe vera (L.) Burm. f., por ser una planta con metabolismo ácido de crasuláceas (MAC) y tener un tejido almacenador de agua que le confiere resistencia al estrés hídrico (Lüttge 2004), es un cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas, ya que tiene valor económico industrial y se utiliza para el procesamiento de productos medicinales, cosméticos y alimentarios (Reynolds y Dweck 1999, Vega *et al.* 2005, Piña-Zambrano y Chirino 2008). También, contiene aloína, que además de ser ampliamente utilizada por la industria como laxante y en la preparación de bebidas alcohólicas, parece intervenir en el proceso de control de la evapotranspiración en condiciones de elevada insolación y sequía (Rivero *et al.* 2002).

Aún cuando se han realizado algunas investigaciones sobre el comportamiento fisiológico de *A. vera* frente a la salinidad y sequía (Van Schaik *et al.* 1997, Liu *et al.* 2006, Jin *et al.* 2007, Rodríguez-García *et al.* 2007, Véliz *et al.* 2007, Silva *et al.* 2010, Franco-Salazar *et al.* 2012), y dada su importancia comercial, se planteó estudiar algunos parámetros fisiológicos de la sábila durante la estación seca y lluviosa, en dos plantaciones próximas a la localidad de Guayacán, estado Sucre, Venezuela para contribuir con la mejora en su productividad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y material vegetal

La investigación se realizó en dos plantaciones de *Aloe vera* (L.) Burm. f. (Aloaceae) de aproximadamente 5 años de establecimiento, ubicadas en las cercanías a Guayacán (10°38'56"N y 63°49'50"O), en el noreste de la Península de Araya, municipio Cruz Salmerón Acosta, estado Sucre, Venezuela. En cada plantación se estableció una parcela de 256 m². Una de las plantaciones se encontraba a aproximadamente 1,47 km de la orilla del mar y en ella se estableció la denominada parcela A (10°37'59"N y 63°47'27"O) y la otra plantación estaba más cercana al mar (~0,52 km de la orilla del mar), donde se ubicó la parcela B (10°39'44"N y 63°47'02"O) (Fig. 1).

Cada parcela incluía un aproximado de 300 plantas (distancia de siembra de ~1x1 m), se subdividieron en 9 subparcelas y de cada una se seleccionaron plantas al azar para la cosecha de hojas basales (usualmente requeridas por la industria) usadas para los distintos análisis. Tales hojas fueron cosechadas a las 7:00 de la mañana durante la estación seca (marzo) y lluviosa (julio).

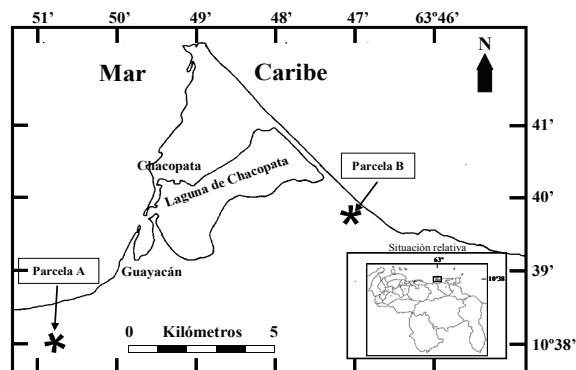


Figura 1. Área de estudio.

Volumen foliar y contenido relativo de agua

Se utilizó una hoja cosechada por subparcela para

determinar el volumen (V) mediante la ecuación $V = (L/12)\pi EA$, considerando la hoja como un cono con sección transversal elíptica más que circular, para lo cual se midió su longitud (L), espesor (E) y ancho central (A) (Hernández-Cruz *et al.* 2002).

Para determinar el contenido relativo de agua, de cada subparcela se cosechó una hoja y se cortó en la parte media para obtener tres secciones transversales (~5 mm de grosor) que fueron inmediatamente pesadas para determinar su biomasa fresca (B₁); luego, se equilibraron en agua destilada durante 3 h a temperatura ambiente. Al cabo de este tiempo se pesaron de nuevo (B₂) y se secaron a 80°C (BS). El contenido relativo de agua (CRA) se calculó como $CRA = [(B_1 - BS)/(B_2 - BS)] \times 100$ (Ghoulam *et al.* 2002).

Proteínas y prolina

Extractos de clorénquima (0,1 g.mL⁻¹) fueron centrifugados a una fuerza centrífuga relativa de 600 por 5 min; luego, 0,1 mL de sobrenadante se solubilizó con 0,9 mL de NaOH 0,1 mol.L⁻¹. Posteriormente, a las muestras preparadas se les determinó el contenido de proteínas a través del método de Lowry *et al.* (1951), usando una curva estándar de seroalbúmina bovina (Sigma).

El contenido de prolina se determinó mediante el método de ninhidrina, como lo describen Ghoulam *et al.* (2002), a partir de 0,6 mL del mismo sobrenadante preparado para proteínas, mezclado con 0,4 mL de metanol. Se agregó 1 mL de una mezcla de ácido acético glacial y ácido ortofosfórico 6 mol.L⁻¹ (3:2 V/V) y 25 mg de ninhidrina; seguidamente se incubó (100°C por 1 h) y se colocó 5 mL de tolueno. La absorbancia de la fase superior se determinó a 528 nm y el contenido de prolina se obtuvo usando una curva estándar de prolina.

Aloína

La aloína se cuantificó en una hoja basal cosechada por subparcela, utilizando la metodología descrita por Alagukannan y Ganesh (2006). La hoja se cortó transversalmente (~2 cm por encima de la base) y se dejó exudar completamente el látex. Luego de 6 h a temperatura ambiente se pesó el látex y se consideró como la producción de aloína por hoja⁻¹.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico computarizado STATGRAPHICS Centurion XV.II. Se

aplicó análisis de varianza doble con réplicas (Sokal y Rohlf 1979), considerando la influencia de los factores parcela y estación climática sobre los parámetros fisiológicos de *A. vera*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Volumen foliar y contenido relativo de agua

El volumen fue menor en las hojas de *A. vera* cosechadas de la parcela B y en la estación seca; mientras que el CRA fue menor en la estación seca pero igual entre parcelas (Tabla 1).

Tabla 1. Volumen y contenido relativo de agua foliar de *Aloe vera* y análisis de varianza en una plantación alejada (~1,47 km; parcela A) y en otra cercana (~0,52 km; parcela B) al mar durante la estación de sequía y lluvia.

Tratamientos	Volumen (cm ³)	CRA (%)
Parcela A	208,37 ± 9,07A*	85,07 ± 2,26
Parcela B	187,38 ± 6,15B	88,01 ± 2,04
Sequía	181,28 ± 5,99b	78,96 ± 1,52b
Lluvia	214,46 ± 8,65a	94,11 ± 0,67a
ANOVA		
Parcela (P)	Fs = 4,38; <i>p</i> < 0,05	Fs = 3,35; <i>p</i> > 0,05
Estación (E)	Fs = 10,93; <i>p</i> = 0,002	Fs = 89,11; <i>p</i> < 0,001
P x E	Fs = 4,51; <i>p</i> > 0,05	Fs = 1,11; <i>p</i> > 0,05

*Promedios ± ES, n = 18. Letras mayúsculas en la misma columna indican diferencias significativas entre parcelas; mientras que las minúsculas indican diferencias entre estaciones. CRA: Contenido Relativo de Agua.

La sequía (junto a la cercanía al mar) ejerce efectos severos sobre el crecimiento, el rendimiento y la calidad de la planta, siendo la pérdida de turgencia el primer síntoma (Rodríguez *et al.* 2003), lo que evidencia los menores valores en el volumen y CRA de *A. vera*. Al respecto, algunos autores han señalado para la sábila y otras suculentas MAC bajo sequía y condiciones salinas, lo siguiente: Van Schaik *et al.* (1997) demostraron que la cantidad de agua disponible es esencial para el crecimiento de *Aloe barbadensis* (= *A. vera*). Estos últimos autores, al igual que otros que han trabajado con las especies MAC *Opuntia ficus-indica* e *Hylocereus undatus* (Goldstein *et al.* 1991, Nobel 2006), señalan que la sequía reduce rápidamente el agua almacenada en el hidroparénquima, lo que para la sábila se traduce en la reducción de la producción del gel, necesario para la industria. Por otro lado, Véliz *et al.* (2007) trabajando con *A. vera* en cultivos hidropónicos, evidenciaron que el aumento de la salinidad

disminuye el volumen foliar de esta especie; mientras que Jin *et al.* (2007), encontraron que el contenido de agua foliar de dos cultivares de la sábila fue influenciado por la salinidad, teniéndose menores valores en plantas irrigadas con agua de mar 60% que en aquellas tratadas con agua dulce. También, en *O. ficus-indica*, el aumento de la concentración de NaCl en solución hidropónica afectó adversamente el volumen y CRA (Franco-Salazar y Véliz 2007). En consecuencia, los menores volúmenes foliares y CRA mostrados por la sábila, al igual que lo demostraron los mencionados autores para la misma especie y para la tuna, evidencia que es un fenómeno común en plantas suculentas bajo estrés hídrico y/o salino.

Proteínas y prolina

El clorénquima de las plantas cosechadas en sequía presentó menores contenidos de proteínas y prolina que el cosechado en lluvia; por otra parte, el contenido de proteínas fue menor en la parcela B (Tabla 2).

Tabla 2. Contenido de proteínas y prolina del clorénquima de *Aloe vera* y análisis de varianza en una plantación alejada (~1,47 km; parcela A) y en otra cercana (~0,52 km; parcela B) al mar durante la estación de sequía y lluvia.

Tratamientos	Proteínas (mg.g ⁻¹ biomasa fresca)	Prolina (µg.g ⁻¹ biomasa fresca)
Parcela A	0,92 ± 0,05 A*	31,03 ± 1,67
Parcela B	0,77 ± 0,04 B	30,89 ± 1,74
Sequía	0,70 ± 0,03b	27,41 ± 1,31 b
Lluvia	0,99 ± 0,04a	34,51 ± 1,62 a
ANOVA		
Parcela (P)	Fs = 12,68; <i>p</i> = 0,001	Fs = 0,00; <i>p</i> > 0,05
Estación (E)	Fs = 48,34; <i>p</i> < 0,001	Fs = 10,98; <i>p</i> = 0,002
P x E	Fs = 0,29; <i>p</i> > 0,05	Fs = 0,14; <i>p</i> > 0,05

*Promedios ± ES, n = 18. Letras mayúsculas en la misma columna indican diferencias significativas entre parcelas; mientras que las minúsculas indican diferencias entre estaciones.

La cercanía al mar conlleva la concentración de iones tóxicos en el suelo, que luego ingresan en mayor cantidad a la planta (Franco-Salazar *et al.* 2012), esto aunado a la sequía, podría conllevar a la inhibición de la síntesis y/o degradación de las proteínas (Parida *et al.* 2002) y a la reducción de los aminoácidos totales, entre ellos, la prolina; de aquí que se evidenciaron menores valores de estos en las plantas de sábila. Efectos similares también fueron observados en hojas de *A. vera* cultivadas durante cuatro años bajo irrigación con agua de mar pura (Liu *et al.* 2006) y en la planta desértica *Pancreatium maritimum*

tratada con NaCl a concentraciones superiores a 150 mol.L⁻¹, en las cuales se obtuvieron menores contenidos de proteínas, en comparación con aquellas no tratadas (Khedr *et al.* 2003).

El aumento en el contenido de proteínas en plantas estresadas tiene funciones protectoras, debido a que las nuevas proteínas compensan las proteínas desnaturalizadas, reparan daños, mantienen la integridad celular, ayudan en la síntesis de sustancias osmoprotectoras (prolina, pinitol y otros osmolitos orgánicos), excretan iones tóxicos o previenen su entrada a las partes sensibles de la planta (Lüttge *et al.* 1993, García *et al.* 1997, Hauser y Horie 2010).

La prolina es un compuesto orgánico osmoprotector (García *et al.* 1997) y su incremento en algunas plantas es una respuesta a condiciones ambientales desfavorables (sequía, salinidad y altas temperaturas), como se ha demostrado en plantas con metabolismo fotosintético C₃ tales como *Capsicum annuum* (Chaman 2007), en la planta C₄ *Sorghum bicolor* (Colmer *et al.* 1996) y en la especie MAC *Opuntia ficus-indica* (Franco-Salazar y Véliz 2007).

Los mínimos de proteínas y prolina encontrados para la sábila cosechada en sequía, y también los de prolina en la parcela B, sugieren que estas plantas no se valen de tales mecanismos para sobrellevar el estrés salino e hídrico propiciado; posiblemente estas plantas tengan otros mecanismos que ayuden en estas funciones o carezcan de ellos, lo que pudo repercutir en los bajos valores encontrados de volumen y CRA.

Aloína

En la Figura 2 se observa que las hojas de sábila provenientes de la parcela alejada del mar (Fs = 9,63; $p = 0,0049$) y las cosechadas durante la estación seca (Fs = 29,74; $p < 0,001$), presentaron estadísticamente los máximos de aloína. Sugiriendo que la producción de dicho metabolito secundario es mayor cuando se cultiva *A. vera* en zonas no tan cercanas al mar y sin aporte de agua al suelo. Tales valores fueron cercanos al rango mínimo (0,11-0,32 g.hoja⁻¹) encontrado para 21 ecotipos de *A. vera* por Alagukannan y Ganesh (2006). Considerando que la parcela B contenía mayores contenidos de Na⁺ y Cl⁻ que la parcela A (Franco-Salazar *et al.* 2012), el resultado de aloína para parcelas es contrario al encontrado por Cardarelli *et al.* (2013) en *Aloe barbadensis* (= *A. vera*) y *A. arborescens*, ya que estos reportaron que al aumentar la salinidad (80 mol.L⁻¹ NaCl), mayor fue el contenido de este metabolito para ambas especies. Rahami-Dehghan *et al.* (2012) también encontraron que el contenido de aloína incrementó con las concentraciones salinas 15 y 18 dS m⁻¹ pero disminuyó a 21 dS m⁻¹.

Los máximos de aloína para la parcela A (Fig. 2) se pueden relacionar con el mayor volumen foliar encontrado para la misma parcela (Tabla 1) como fue señalado por Alagukannan *et al.* (2006), quienes consideraron que la mayor producción de aloína pudo deberse a la mayor área foliar, es decir, mayor ancho y longitud foliar y, por tanto, mayor número de células pericíclicas (productoras de aloína) en los haces vasculares. Sin embargo, no se puede relacionar la mayor producción de aloína de la estación seca con el mismo parámetro, puesto que en dicha estación se encontró el menor volumen (Tabla 1).

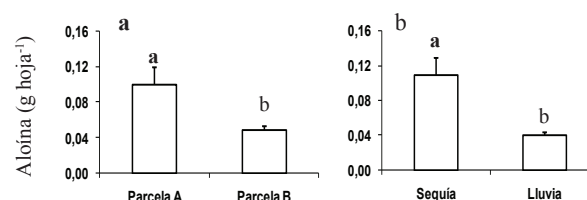


Figura 2. Contenido de aloína foliar de *Aloe vera* en (a) una plantación alejada (~1,47 km; parcela A) y en otra cercana (~0,52 km; parcela B) al mar, y (b) durante la estación de sequía y lluvia. Los valores son los promedios \pm ES, n = 18. Las letras sobre las barras indican diferencias entre parcelas ($p = 0,004$) y entre estaciones ($p < 0,001$).

Se ha señalado que los metabolitos secundarios fenólicos, entre ellos la aloína, son secretados por la planta como una estrategia de defensa periférica para alejar a posibles depredadores por su olor y sabor desagradable (Chausser-Volfson *et al.* 2002) y que su contenido es afectado por algunos factores como la región de la hoja y el estado de crecimiento foliar, siendo mayor en hojas jóvenes (Chausser-Volfson y Gutterman 1996, Chausser-Volfson *et al.* 2002), por lo que tal vez cosechando hojas más jóvenes de ambas parcelas, se pudieran encontrar mayores valores de este compuesto. Además, los contenidos de estos metabolitos se han relacionado con el proceso de control de la evapotranspiración en condiciones de elevada insolación y sequía (Rivero *et al.* 2002) y con la protección a radiación UV (Chausser-Volfson *et al.* 2002); aunque Páez *et al.* (2000) encontró que la alta irradiación (luz solar completa) no indujo una alta concentración de aloína en *A. vera*. Por su parte, Esteban-Carrasco *et al.* (2001) señalaron que estos compuestos están implicados en los mecanismos de defensa frente a agresiones del medio ambiente y de herbívoros.

Debido a que la aloína es un componente importante para los productores y la agroindustria, es necesario profundizar más sobre el estudio de la producción de

dicho compuesto, de manera que se puedan considerar los resultados mostrados en ésta y otras investigaciones.

En resumen, el volumen, CRA, proteínas y prolina de *A. vera* se ven afectados adversamente por la cercanía al mar y por la época de sequía, aunque esta última mejora la producción de aloína. Por otro lado, cabe considerar la posibilidad que las condiciones de salinidad del suelo, producto de la cercanía al mar, y la sequía, a las cuales se encuentra sometida la sábila en el sitio de estudio, conllevaran a que éstas tengan algún tipo de escape al estrés; para lo cual, tal vez pierdan sus raíces, como ha sido demostrado por García (2005) en plantas de sábila sometidas a exposición prolongada de altas salinidades (150 mol.L⁻¹), y/o cierren los estomas para evitar la evapotranspiración excesiva, mecanismos propios de las plantas CAM (Lüttge 2004), de allí que Franco-Salazar *et al.* (2012) encontraron que la acumulación nocturna de ácido (ΔH^+) fuera menor en el clorénquima de plantas de sábila cosechadas de la parcela B y en la estación seca. Estas estrategias de *A. vera* se traducen en un retardo en su crecimiento, pero logran resistir a tales condiciones hasta que las mismas sean más apropiadas y puedan formar nuevas raíces, abrir sus estomas y, por tanto, continuar su crecimiento, lo que se evidencia que ocurre en la estación lluviosa y en la parcela A.

CONCLUSIONES

El CRA y volumen de *A. vera* son afectados adversamente por la falta de agua, este último también es reducido por la cercanía al mar (~500 m), posiblemente debido a los efectos osmóticos y/o tóxicos propiciados por la concentraciones de sales en el suelo; además, esta especie no aumenta la acumulación de proteínas y prolina como respuesta para sobrellevar el estrés ocasionado por las condiciones ambientales del sitio donde está siendo cultivada. Por su parte, la producción de aloína es mayor cuando las plantas son cultivadas alejadas del mar (~1500 m) y bajo déficit hídrico. Los resultados sugieren el cultivo *A. vera* en zonas costeras pero no tan cercanas al mar y con un suministro apropiado de agua, evitando en lo posible la sobresalinización de los suelos, aunque para obtener mayor producción de aloína es recomendable suministrar poca agua al sitio de cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Aleikar Vásquez-Suárez, Jesús Bello, Isaías Velásquez, Freddy Velásquez y al Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán de la UDO (CIEG-UDO) por la colaboración brindada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAGUKANNAN G, GANESH S. 2006. Variation and correlation studies in *Aloe vera* L. ecotypes. Madras Agric. J. 93(7-12):279-282.
- ALAGUKANNAN G, GANESH S, GOPAL S. 2006. Characterization and screening of different ecotypes of *Aloe vera* Linn. for growth, yield and quality. Research paper. International *Aloe* Science Council Texas. pp. 1-48.
- ASHRAF M, HARRIS P. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Sci. 166:3-16.
- CARDARELLI M, ROUPHAEL Y, REA E, LUCINI L, PELLIZZONI M, COLLA G. 2013. Effects of fertilization, arbuscular mycorrhiza, and salinity on growth, yield, and bioactive compounds of two *Aloe* species. HortScience. 48(5):568-575.
- CHAMAN M. 2007. Variaciones en el contenido relativo de agua y la concentración de prolina en *Capsicum annum* L. induced by NaCl. Arnelo. 14(2):251-258.
- CHAUSER-VOLFSON E, GUTTERMAN Y. 1996. The barbolein content and distribution in *Aloe arborescens* leaves according to the leaf part, age, position and season. Isr. J. Plant Sci. 44:289-296.
- CHAUSER-VOLFSON E, SHEN Z, HU Z, GUTTERMAN Y. 2002. Anatomical structure and distribution of metabolites as a peripheral defence strategy in *Aloe hereroensis* leaves. Bot. J. Linn. Soc. 138:107-116.
- COLMER T, FAN T, HIGASHI R, LÄUCHLI A. 1996. Interactive effects of Ca²⁺ and NaCl salinity on the ionic relations and proline accumulation in the primary root tip of *Sorghum bicolor*. Physiol. Plant. 97:421-424.
- DÍAZ M. 2001. Ecología experimental y ecofisiología: bases para el uso sostenible de los recursos naturales de las zonas áridas neo-tropicales. Interciencia. 26(10):472-478.
- ESTEBAN-CARRASCO A, LÓPEZ-SERRANO M, ZAPATA J, SABATER B, MARTÍN M. 2001. Oxidation of phenolic compounds from *Aloe barbadensis* by peroxidase activity: posible involvement in defence reactions.

- Plant Physiol. Biochem. 39:521-527.
- FRANCO-SALAZAR V, VÉLIZ J. 2007. Respuestas de la tuna [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] al NaCl. *Interciencia*. 32(2):125-130.
- FRANCO-SALAZAR V, VÉLIZ J, ROJAS L. 2012. Ecofisiología de *Aloe vera* (L.) Burm. f. en Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, Venezuela. *Interciencia*. 37(6):444-450.
- GARCÍA A, ENGLER J, LYER S, GERATS T, VAN MONTAGU M, CAPLAN A. 1997. Effects of osmoprotectants upon NaCl stress in rice. *Plant Physiol*. 115:159-169.
- GARCÍA O. 2005. Cambios estructurales y cuantificación de proteínas en raíces de *Aloe vera* (L.) Burm. f. (sábila) sometidas a estrés salino por cloruro de sodio (NaCl). Tesis. Universidad de Oriente, Cumaná. Venezuela. pp. 40.
- GHOULAM C, FOURSRY A, FARES K. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Env. Exp. Bot*. 47:39-50.
- GOLDSTEIN G, ORTEGA J, NERD A, NOBEL P. 1991. Diel patterns of water potential components for the crassulacean acid metabolism plant *Opuntia ficus-indica* when well-watered or droughted. *Plant Physiol*. 95:274-288.
- HAUSER F, HORIE T. 2010. A conserved primary salt tolerance mechanism mediated by HKT transporters: a mechanism for sodium exclusion and maintenance of high K⁺/Na⁺ ratio in leaves during salinity stress. *Plant Cell Env*. 33:552-565.
- HERNÁNDEZ-CRUZ L, RODRÍGUEZ-GARCÍA R, JASSO D, ANGULO-SÁNCHEZ J. 2002. *Aloe vera* response to plastic Munch and nitrogen. In: Trends in new crops and new uses. Janick, J. y Whipkey, A. (eds.) ASHS Press, Alexandria, VA, pp. 570-574.
- JIN Z, WANG C, LIU Z, GONG W. 2007. Physiological and ecological characters studies on *Aloe vera* under soil salinity and seawater irrigation. *Proc. Biochem*. 42(4):710-714.
- KHEDR A, ABBAS M, WAHID A, QUICK W, ABOGADALLAH G. 2003. Proline induces the expression of salt-stress-responsive proteins and may improve the adaptation of *Pancratium maritimum* L. to salt-stress. *J. Exp. Bot*. 54(392):2553-2562.
- LIU Z, ZHAO G, LUI L, ZHENG Q. 2006. Nitrogen metabolism of *Aloe vera* under long-term diluted seawater irrigation. *J. Appl. Hort*. 8(1):33-36.
- LOWRY O, ROSEBROUGH N, FARR A, RANDALL R. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem*. 193:265-275.
- LÜTTGE U. 2004. Ecophysiology of Crassulacean Acid Metabolism (CAM). *Ann. Bot*. 93:629-652.
- LÜTTGE U, KLUGE M, BAUER G. 1993. Botánica. McGraw-Hill Interamericana. España. pp. 523.
- NOBEL P. 2006. Parenchyma-Chlorenchyma water movement during drought for the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus*. *Ann. Bot*. 97:469-474.
- PÁEZ A, GEBRE G, GONZÁLEZ M, TSCHAPLINSKI T. 2000. Growth, soluble carbohydrates, and aloin concentration of *Aloe vera* plants exposed to three irradiance levels. *Env. Exp. Bot*. 44(2):133-139.
- PARIDA A, DAS A, DAS P. 2002. NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, protein and other metabolic components in de leaves of a true mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. *J. Plant Biol*. 45(1):28-36.
- PIÑA-ZAMBRANO H, CHIRINO L. 2008. Mercado de la zábila (*Aloe vera* L.) en el estado Falcón Rev. Fac. Agron. (LUZ). 25:364-392.
- RAHAMI-DEHGOLAN R, SARVESTANI Z, REZAZADEH S, DOLATABADIAN A. 2012. Morphological and physiological characters of *Aloe vera* subjected to saline water irrigation. *J. Herbs Spices Med. Plants*. 18(3):222-230.
- REYNOLDS T, DWECK A. 1999. *Aloe vera* leaf gel: a review update. *J. Ethnopharmacol*. 68(1-3):3-37.
- RIVERO R, RODRÍGUEZ E, MENÉNDEZ R, FERNÁNDEZ J, ALONSO G, GONZÁLEZ M. 2002. Obtención y caracterización preliminar de un extracto de *Aloe vera* L. con la actividad antiviral. *Rev. Cubana Plant. Med*. 7(1):32-38.
- RODRÍGUEZ A, GARCÍA M, MUÑOZ J. 2003. Análisis

- bioquímico y fisiológico de *Fouquieria splendens* spp. *breviflora* bajo la acción de agentes de estrés hídrico. *Polibotánica*. 16:49-62.
- RODRÍGUEZ-GARCÍA R, JASSO D, GIL-MARÍN J, ANGULO-SÁNCHEZ J, LIRA-SALDIVAR R. 2007. Growth, stomatal resistance, and transpiration of *Aloe vera* under different soil water potentials. *Ind. Crops Prod.* 25(2):123-128.
- RUIZ D, MARTÍNEZ V, CERDÁ A. 1997. *Citrus* response to salinity: growth and nutrient uptake. *Tree Physiol.* 17:141-150.
- SILVA H, SAGARDIA S, SEGUEL O, TORRES C, TAPIA C, FRANCK N, CARDEMIL L. 2010. Effect of water availability on growth and water use efficiency for biomass and gel production in *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* M.). *Ind. Crops Prod.* 31:20-27.
- SOKAL R, ROHLF J. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. Blume Ediciones. Madrid. pp. 832.
- VAN SCHAİK A, STRUIK P, DAMIAN T. 1997. Effects of irrigation and N on the vegetative growth of *Aloe barbadense* Mill. in Aruba. *Trop. Agric.* 74(2):104-109.
- VEGA A, AMPUERO N, DÍAZ L, LEMUS R. 2005. El *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) como componentes de alimentos funcionales. *Rev. Chil. Nutr.* 32(3):208-214.
- VÉLIZ J, FRANCO-SALAZAR V, GARCÍA M. 2007. Efecto de la salinidad en *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica*: plantas CAM de interés comercial. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 24(1):337-341.