

# Frecuencia Óptima de Riego y Fertilización en *Aloë vera* L.<sup>1</sup>

L.M. Yépez\*, M.L. Díaz\*,  
E. Granadillo\*, F. Chacín\*\*

## ABSTRACT

The effects of irrigation and fertilization on the productivity of *Alöe vera* L. in terms of aerial dry biomass were studied. Additionally, the effects on gel and latex yield were analyzed. The assay was performed in pots using an oriented and increased matrix experimental design. Nine combinations of irrigation frequency and fertilization doses were evaluated. The largest accumulation of dry leaf biomass was observed in the treatments with frequent irrigation (every 8 days) and low fertilization doses (3 g/pots) and those with lower irrigation frequency (every 20 days) and high fertilization doses (9 g/pots). The maximum values of latex, acibar, crystal and dry gel were highest in the treatments where low irrigation was combined with high fertilization doses (every 20 days, 12 g/pots), or in frequent irrigation without fertilization (every 8 days, 0 g/pots). We concluded that biomass accumulation responded to the optimum combination of irrigation frequency and the fertilization doses, while latex, acibar, crystal and dry gel production responded principally to water availability.

## RESUMEN

Se estudió el efecto del riego y la fertilización sobre la productividad de *Aloë vera* L. en términos de acumulación de biomasa seca de las hojas y del contenido de los productos naturales que se extraen de esta planta. El experimento se realizó en macetas aplicando un diseño experimental de matrices orientado y aumentado. Se evaluaron nueve combinaciones de frecuencias de riego con dosis de fertilizante 15-15-15. Se observó mayor acumulación de biomasa aérea en los tratamientos con riego frecuente (cada 8 d) y dosis bajas de fertilizante (3 g por maceta) y en aquellos con riego poco frecuente (cada 20 d) y dosis altas de fertilizante (9 g por maceta). Los valores máximos de látex, acíbar, cristal y gel seco resultaron mayores en los tratamientos donde se combinaron distancias grandes entre riegos con dosis altas de fertilizante (cada 20 d y 12 g por maceta), o distancias intermedias con riego sin fertilización (cada 8 d y 0 g por maceta). Se concluyó que la acumulación de biomasa responde a la combinación óptima de la frecuencia de riego con la dosis óptima de fertilizante, mientras que la producción de látex, acíbar, cristal y gel seco responden mayormente a la disponibilidad de agua.

Palabras clave: Productividad, plantas CAM, *Aloë vera* L.

## INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas y semiáridas del norte de Venezuela se caracterizan por periodos prolongados de sequía y precipitaciones entre septiembre y enero con máximos alrededor de 500 mm

y mínimos de 270 mm; la temperatura máxima es de 40° C, con una media durante el año de 30° C y los valores de radiación solar oscilan entre 400-600 C m<sup>2</sup> por segundo.

Los suelos son de profundidad variable, de pedregosos a arcillosos y, en raras ocasiones, francoarenosos. En su mayoría son de baja calidad con altos tenores de salinidad, alcalinos y pobres en materia orgánica (Díaz 1987).

Los factores mencionados, propios de las áreas tropicales semiáridas, limitan el crecimiento vegetal; sin embargo, el déficit hídrico es el de mayor importancia, tanto para el crecimiento como para la productividad, puesto que representa el efecto interactivo, integrista y acumulativo de la precipitación, la temperatura, la radiación y los nutrimentos, en par-

<sup>1</sup> Recibido para publicar el 26 de mayo de 1993  
Este trabajo ha sido financiado por FUNDACITE C.O., dentro del proyecto F1 05-09-85. Se agradece al Dr. Javier García Benavides el diseño de experimentos y la eficiente colaboración de Agustín Cedeño en el trabajo de campo.

\* Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda", Centro de Investigaciones en Ecología y Zonas Áridas. Apdo 7506, Coro, Ven.

\*\* Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Posgrado de Estadística, Maracay, Ven

ticular los relacionados con la ganancia neta de CO<sub>2</sub> y el almacenamiento de carbono (Nobel 1988).

La baja disponibilidad de agua ha sido uno de los principales factores selectivos en la evolución de las especies que se encuentran en estas zonas, las cuales han desarrollado características morfológicas y fisiológicas, que les han permitido sobrevivir en estos ambientes. De esta manera, los mecanismos estructurales se complementan fisiológicamente con la coexistencia de plantas, en su mayoría con el metabolismo ácido de las Crassulaceae (CAM) y C<sub>3</sub> (Díaz 1987).

Nobel (1988), con base en la integración de la información recopilada durante años del trabajo sobre *Agave* y *Cactus*, ha encontrado que estas especies son capaces de mostrar altas productividades (0.45 kg m<sup>-2</sup> y 0.84 kg m<sup>-2</sup> respectivamente) en las regiones áridas y semiáridas estudiadas.

Estos valores altos de productividad pueden alcanzarse aun sin requerir altas precipitaciones, como es el caso de la mayoría de los cultivos tradicionales, debido a la presencia en estas plantas del metabolismo ácido de las Crassulaceae.

Se reconoció que ciertas áreas desérticas son subutilizadas por la agricultura; por eso, se propuso la expansión de cultivos alternativos, como las plantaciones de plantiopuntias para la alimentación del ganado, altamente recomendable para estas tierras (Nobel 1988).

Fischer y Turner (1978) señalan que, usualmente, la selección de las especies cultivables en estos ecosistemas ha sido determinada por el hombre aplicando la regla general de la maximización del rendimiento del producto económico. Regla que, generalmente, coincide con la maximización de la productividad primaria, aunque, algunas veces, no ocurre así.

Con base en lo expuesto anteriormente, el cultivo alternativo que ofrece mayores ventajas para las zonas semiáridas neotropicales es el *A. vera* L. Este es un cultivo industrial de alto valor económico, sembrado tradicionalmente en la región noreste de Venezuela desde hace 30 años en plantaciones poco tecnificadas, lo que ha provocado una disminución sustancial de los rendimientos en los últimos 20 años.

La información científica sobre la biología y el manejo agronómico de esta planta es escasa; no obs-

tante, estudios recientes en condiciones naturales en las zonas semiáridas al norte de Venezuela han demostrado que individuos de *A. vera*, que crecían bajo sombra arbórea natural y en suelos con baja disponibilidad de nutrimentos, acumularon mayor biomasa y su rendimiento en productos comerciales fue mayor, en comparación con aquellas plantas crecidas en ambientes expuestos totalmente al sol (Díaz y González 1986). En condiciones de laboratorio se demostró que las plantas de *A. vera* cultivadas con alta intensidad de luz y estrés hídrico presentaron mayor grado de fotoinhibición, sin recuperación aparente, que las cultivadas con alta intensidad de luz y riego frecuente; por su parte, las plantas bajo condiciones de sombra parcial mostraron menor grado de fotoinhibición y una rápida recuperación de la actividad fotosintética, que provocó una mayor fijación neta de CO<sub>2</sub> (Díaz *et al.* 1986). No obstante, el efecto de la adición de nutrimentos no se ha estudiado ni se conoce el umbral de requerimiento hídrico para las condiciones óptimas de cultivo de esta especie.

En este trabajo se determinó la productividad de *A. vera* L. como respuesta a diferentes combinaciones de frecuencias de riego y dosis de fertilizante, con el fin de obtener información sobre la influencia de esos factores en la acumulación de materia seca de las hojas y la variación en el contenido de los productos naturales que se extraen de esta planta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia vegetal

Las plantas de *A. vera* L. utilizadas en el experimento provenían de plantaciones de la Península de Paraguaná, Estado Falcón, Ven. Se seleccionaron plantas entre 30 cm y 35 cm de altura y morfológicamente similares.

### Preparación del suelo

El suelo usado en el ensayo se tomó de las mismas plantaciones y se mezcló posteriormente con arena de médano y remanso de río en partes iguales. La mezcla de suelo se desinfectó con Captan, siguiendo las instrucciones del fabricante.

### Preparación de las macetas

Se utilizaron macetas rectangulares de aluminio con un área de 0.14 m<sup>2</sup> y 40 cm de profundidad.

Estas dimensiones fueron escogidas, considerando el área ocupada por la planta en cultivos de campo.

### Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de matrices orientadas y aumentadas. El estudio constó de nueve tratamientos, con cinco repeticiones cada uno. Se sembraron dos plantas por maceta (una para determinar la biomasa aérea y otra para cuantificar los productos). Los tratamientos se distribuyeron como indica el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Frecuencia de riego y dosis de fertilizante aplicado en *A. vera* L.

Tratamiento (núm.)	Frecuencia de riego (d)	Dosis de fertilizante (gramos por maceta)
1	2	3
2	8	0
3	8	3
4	8	9
5	14	6
6	20	3
7	20	9
8	20	12
9	26	9

### Manejo del cultivo

Se estableció un calendario de riego según el diseño establecido y se cumplió hasta dos semanas antes de la cosecha. La fertilización se realizó en la semana 14 después de la siembra. Se utilizó el fertilizante 15-15-15, usado tradicionalmente por los productores de *A. vera* L. de la región en que se realizó el estudio.

### Determinación de la productividad

Se seccionó la planta para determinar la biomasa en la raíz, tallo, hojas e hijos. Se registró el peso fresco y seco de cada compartimiento. Para este trabajo se analizó sólo el peso seco de las hojas.

Se cuantificaron los siguientes productos comerciales: el látex, el acíbar, el cristal y el gel seco. Para obtener el volumen y el peso fresco del látex, se

escurrieron en posición vertical las hojas de la planta. La determinación de acíbar o látex deshidratado se realizó según metodología descrita por Borin (1977). La técnica para procesar el cristal y la separación de sus productos (gel seco y fibra), se realizó siguiendo la metodología descrita por Farkas y citada por Borin (1977). La fibra no se incluyó en este análisis.

### Análisis estadístico de los datos

El análisis estadístico de los resultados se realizó aplicando estadística descriptiva, análisis de variancia, análisis de regresión lineal múltiple y análisis de superficie de respuesta, que permitió la predicción de la respuesta a varias combinaciones de los factores estudiados.

## RESULTADOS

La productividad de *A. vera* L. se evaluó en términos de acumulación de materia seca de las hojas por planta. Los valores promedios más bajos para esta variable (57.6 g Ps y 61.4 g Ps) se encontraron en plantas con aplicaciones bajas de fertilizante (3 g por maceta) e intermedias (9 g por maceta), independientemente de las frecuencias de riego. Los valores promedios máximos de biomasa de hojas (94.6 g Ps y 96.6 g Ps) corresponden a tratamientos opuestos en riego (20 d y 8 d), en combinación con dosis más reducidas de fertilizante (3 g por maceta) y/o en ausencia de éste. Esto indica que el factor riego es determinante en la producción de dicha variable y que la fertilización no favorece su acumulación (Cuadro 2).

Los resultados de las pruebas de hipótesis para los coeficientes de regresión múltiple revelaron que la acumulación de materia seca en las hojas de *A. vera* no tuvo influencia de los factores frecuencia de riego y dosis de fertilizante, ya que no se detectaron diferencias significativas para ninguno de ellos.

Los valores máximos de contenido de látex, acíbar y gel seco, se ubicaron en tratamientos totalmente opuestos (8 d, 0 g por maceta y 20 d, 12 g por maceta). No obstante, el gel seco mostró un valor bastante cercano a los máximos observados (10.09 g) en plantas regadas cada 8 d y con dosis intermedias de fertilizante (9 g por maceta). Para el cristal de *Aloe* se apreció un valor máximo (2113.8 g) en plantas irrigadas cada 8 d sin fertilización (Cuadro 2).

Cuadro 2. Productividad por planta en *A. vera* L.: Respuesta a cambios en la frecuencia de riego y dosis de fertilizante.

Frecuencia de riego (d)	Dosis de fertilizante (gramos por maceta)	Biomasa hojas (qPs)	Látex (ml)	Acíbar (g)	Cristal (g)	Gel seco (g)
2	3	49.1 ± 2.9	32.4 ± 1.1	9.43 ± 1.1	1074.9 ± 239.1	4.70 ± 1.2
8	0	94.6 ± 31.7	56.2 ± 6.3	19.87 ± 2.2	2113.8 ± 392.3	10.30 ± 2.9
8	3	57.6 ± 18.1	31.0 ± 8.3	13.33 ± 3.6	1012.7 ± 330.7	6.0 ± 1.7
8	9	65.4 ± 10.0	37.9 ± 10.0	8.34 ± 3.7	1343.4 ± 357.7	10.09 ± 7.3
14	6	62.3 ± 20.9	40.9 ± 10.2	-	1846.9 ± 562.2	4.53 ± 4.2
20	3	96.6 ± 10.2	38.2 ± 12.3	6.51 ± 0.5	1256.9 ± 589.9	7.81 ± 1.9
20	9	61.4 ± 7.8	39.9 ± 3.1	8.34 ± 1.1	1663.1 ± 498.1	9.18 ± 4.0
20	12	66.9 ± 21.9	56.3 ± 18.2	12.91 ± 3.8	1800.9 ± 645.9	10.15 ± 1.6
26	9	89.1 ± 46.4	37.2 ± 10.2	-	1433.1 ± 449.1	5.92 ± 16.5

n = 5

g = gramos

Area de la maceta: 0.14 m<sup>2</sup>

Nota: Los valores se expresan en promedios en relación con el número de observaciones por tratamiento ± la desviación estándar.

Los resultados de las pruebas de hipótesis para los coeficientes de regresión múltiple, obtenidos en el análisis de la superficie de respuesta, revelaron que la frecuencia de riego afecta positivamente la producción de acíbar y cristal, es decir, que los aumentos en la disponibilidad de agua benefician la ganancia en peso de dichas variables; los aumentos en las dosis de fertilizante no favorecen la acumulación de ninguno de los productos comerciales analizados en este estudio, aunque variaciones en los valores promedios sugieren que si existió influencia del fertilizante (Cuadro 2). El efecto de interacción entre ambos factores (frecuencia de riego y dosis de fertilizante) es significativo para la producción de acíbar en relación positiva, es decir, que al aumentar la irrigación y/o la cantidad de fertilizante se esperaría un incremento en peso de esta variable, tal como se encontró en los valores reales obtenidos (Cuadro 2).

La representación de los análisis de las superficies de respuesta se muestran en la Fig. 1. Los modelos de estimación y los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) de cada variable analizada se muestran en el Cuadro 3. Los valores correspondientes a  $r^2$ , excepto del acíbar (73.9%), se apreciaron por debajo del 60%, lo cual indica que fue baja la proporción de la variabilidad observada en los datos de los factores considerados en este estudio (frecuencias de riego y dosis de fertilizante).

Los resultados del análisis de la superficie de respuesta revelaron que todos los valores de predicción,

en el punto estacionario de las variables consideradas, eran puntos críticos conocidos como puntos en ensilladura (35.5 cc por planta; 10.25 g por planta; 1542.66 g por planta y 6.10 g por planta), donde la respuesta de los productos comerciales (látex, acíbar, cristal y gel seco, respectivamente) se maximiza para un factor y se minimiza para otro (Cuadro 4). Sólo la biomasa de las hojas no se consideró punto crítico, pues mostró un valor mínimo (42.9 g Ps). Estos valores de predicción se encontraron por debajo de los valores promedios reales obtenidos (Cuadro 2). La combinación óptima de los factores estudiados, dada por los valores propios o "eigencianos", mostró para el caso del producto natural cristal valores fuera de la superficie de exploración (Cuadro 4).

#### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los valores de productividad encontrados en *A. vera* L. parecen indicar que la acumulación de biomasa seca de las hojas depende de la combinación óptima de ambos factores (frecuencia de riego y dosis de fertilizante). Aparentemente, si la disponibilidad de agua es alta, no es necesaria la presencia del fertilizante y si el recurso agua es escaso, dosis bajas (3 g por maceta ó 21.42 g/m<sup>2</sup>) de fertilizante 15-15 serán suficientes para lograr una adecuada acumulación de biomasa seca en las hojas.

Díaz y González (1986) encontraron que las plantas de *A. vera* L. que crecían bajo sombra arbórea

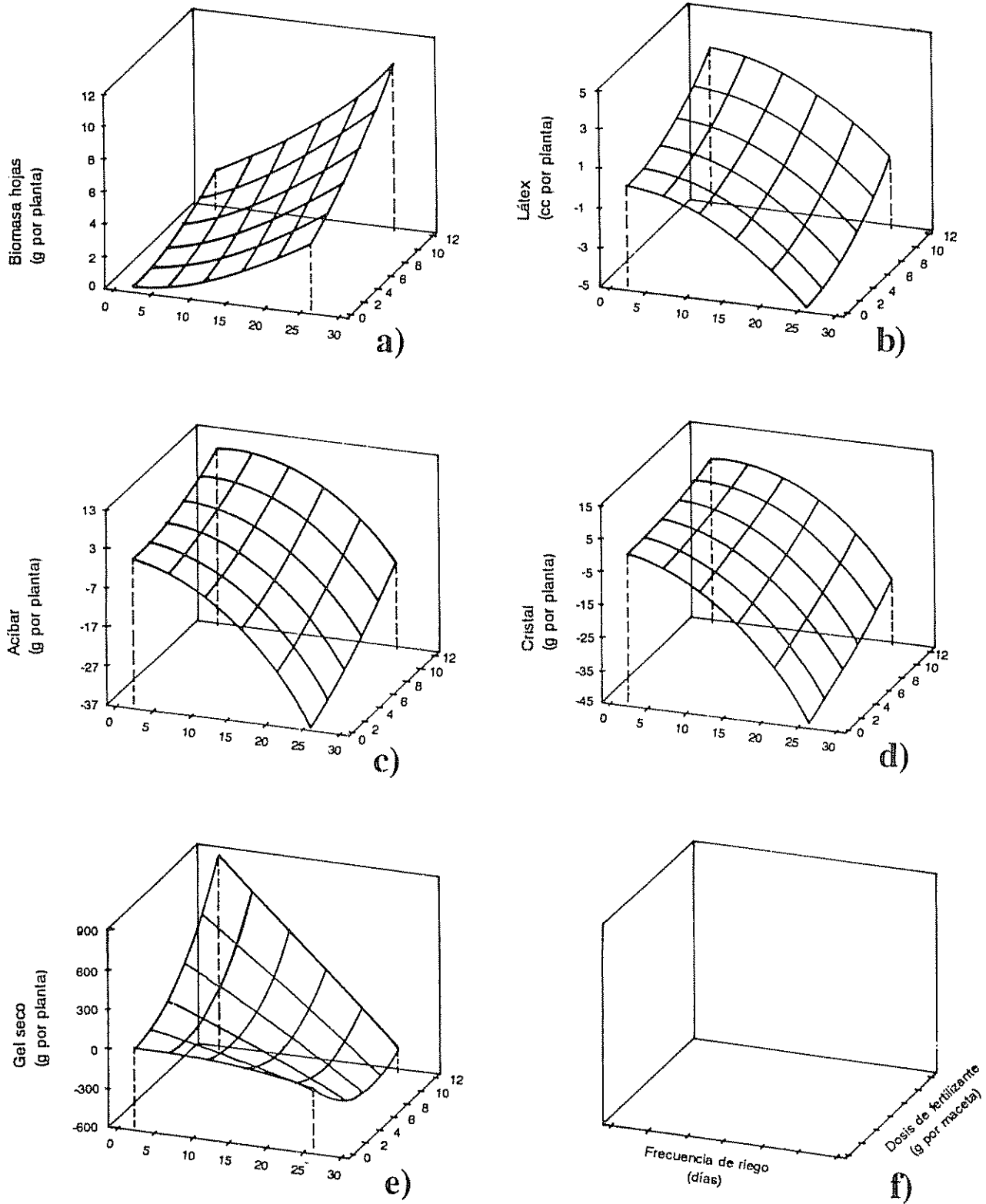


Fig. 1. Efecto de la frecuencia de riego y dosis de fertilizante en *A. vera* L.; a) biomasa de las hojas, b) látex, c) acíbar, d) cristal, e) gel seco y f) leyenda de las coordenadas.

Cuadro 3. Modelos de estimación y coeficientes de determinación en *A. vera* L.

Variable	Modelo de estimación	r <sup>2</sup>
Biomasa	$Y_i = 55.3 + 6.8 R - 4.1 F + 5.5 R^2 + 14.9 F^2 + 13.2 RF$	0.1217
Hojas		
Látex	$Y_i = 35.3 + 2.45 R + 0.6 F - 7.5 R^2 + 21.3 F^2 + 1.43 RF$	0.4151
Acíbar	$Y_i = 10.5 + 1.2 R - 3.4 F - 5.5 R^2 + 5.1 RF$	0.7385
Cristal	$Y_i = 1534.9 + 154.7 R - 13.9 F - 664.5 R^2 + 298.1 F^2 + 5.1 RF$	0.2453
Gel seco	$Y_i = 6.1 - 0.02 R + 0.9 F - 0.2 R^2 + 6.6 F^2 - 4.02 RF$	0.3628

r<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación.

R: Efecto del factor frecuencia de riego.

F: Efecto del factor dosis de fertilización.

R<sup>2</sup>: Efecto cuadrático del factor (R).

F<sup>2</sup>: Efecto cuadrático del factor (F).

RF: Efecto de interacción de los factores (R) y (F).

Cuadro 4. Valores "eigencianos" obtenidos del análisis de la superficie de respuesta en *A. vera* L.

Variable	Valor de predicción	Valores propios o "eigencianos"	
		Frecuencia de riego (d)	Dosis de fertilizante (gramos por maceta)
Biomasa de hojas	42.9 g Ps	24.42	6.34
Látex	35.5 ml por planta	21.35	7.47
Acíbar	10.25 g por planta	5.66	6.1
Cristal	1542.66 g por planta	362.4	728.77
Gel seco	6.10 g por planta	7.15	0.73

Área de la maceta = 0.14 m<sup>2</sup>

natural de especies como el "cuji" o mezquite (*Prosopis juliflora*) y el divi-divi (*Caesalpinia coriaria*), en suelos con baja disponibilidad de nutrientes, acumularon mayor biomasa aérea que las totalmente expuestas al sol. No obstante, en este estudio se detectó que, independientemente de la frecuencia de riego, los aumentos en las dosis de fertilizante disminuyeron la biomasa foliar y provocaron un aumento en peso de la biomasa radical (datos no publicados). Una posible explicación para este fenómeno es que el exceso de sales podría inducir un mayor estrés hídrico, por el aumento de solutos en la solución del suelo y/o al establecimiento de una mayor competencia radical, si se toman en cuenta las condiciones del estudio (dos plantas por maceta).

Las variaciones observadas en la productividad en términos de ganancia de peso seco en las hojas de *A.*

*vera* L. se explican por el porcentaje muy bajo de los factores estudiados: frecuencia de riego y dosis de fertilizante. Según esto es posible que los resultados obtenidos sean la respuesta del efecto de otros factores, como los señalados y/o factores intrínsecos de la planta.

La importancia económica de *A. vera* L. radica, principalmente, en los productos comerciales que de ella se extraen. Excepto los trabajos realizados en condiciones naturales por Díaz y González (1986), no hay información científica en Venezuela sobre la variación que estos productos experimentan cuando las plantas están sometidas a distintas disponibilidades de agua y nutrientes.

En general, la acumulación de los productos comerciales en esta especie vegetal no parece benefi-

ciarse con los aumentos en las dosis de fertilizante, cuando las plantas se someten a riegos frecuentes. Al contrario, cuando los riegos son menos frecuentes, una adición de fertilizante favorece la producción de gel y látex. Esto parece sugerir que la disponibilidad de agua es el factor determinante en la acumulación de dichos productos. Se sugiere que si las condiciones hídricas son favorables (un riego cada 8 d) no es conveniente aplicar fertilizante.

Grindlay y Reynolds (1986) informan sobre la fertilización ocasional del cultivo de *A. vera* L. con fertilizantes no ricos en nitrógeno, sin revelar dosis específicas; sugieren, además, la importancia de la sombra para mantener la humedad en el suelo y disminuir la radiación. De esa manera, se favorecen los rendimientos en el contenido de gel; esto concuerda con lo observado por Díaz y González (1986), quienes encontraron que esta especie vegetal, bajo sombra arbórea natural, aumentó el contenido de gel y la acumulación de la biomasa aérea. El contenido de látex fue similar al obtenido en plantas totalmente expuestas al sol.

Los autores mencionados sugieren el establecimiento de zabilares bajo un estrato arbóreo natural, que favorece la retención de humedad y la mayor incorporación de materia orgánica al suelo –situaciones que minimizan el uso del agua. Además benefician el aporte de nutrimentos de los árboles hacia el cultivo, sin necesidad de fertilización; todo esto redundará en el mantenimiento de la vegetación natural como pilar fundamental para la conservación de los ecosistemas semiáridos.

Los resultados obtenidos revelan que la adición del fertilizante comercial Triple 15 no es necesaria por lo menos para las condiciones estudiadas y que una frecuencia de riego cada 20 d o una vez al mes es suficiente para obtener una óptima producción comercial, cuando las plantas están totalmente expuestas al sol y en monocultivos

En cuanto a la respuesta a los fertilizantes químicos, será necesario establecer experimentos más rigurosos, que puedan medir el efecto de cada macronutriente en forma independiente, con el fin de encontrar el mejor fertilizante que optimice la productividad y el rendimiento en *A. vera* L.; también se sugiere realizar experimentos en condiciones de campo, donde se utilicen sistemas naturales y se evalúe la productividad de esta especie asociada a especies arbóreas típicas de la región, con el propósito fundamental de diseñar sistemas de producción más aptos, que conlleven una agricultura sostenible en las zonas áridas y semiáridas de Venezuela.

#### LITERATURA CITADA

- BORIN, S. 1977. Extracción de aloínas y poliuronidos de la zábila. Ven., Universidad del Zulia 39 p. (Mimeo).
- DIAZ, M.; GONZALEZ, A. 1986. Capacidad CAM en zábila: Respuesta a la intensidad de luz. Ven., CIEZA, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM). 20 p. (Mimeo).
- DIAZ, M. 1987. Las zonas áridas al norte de Venezuela: Hacia el aprovechamiento racional de sus recursos naturales renovables. In Publicación de la Fundación para el Desarrollo de la Región Centro Occidental. p. 33-54.
- DIAZ, M.; ADAMS III, W.; WINTER, K. 1988. Déficit hídrico y fotoinhibición en *Aloë vera* L. In Convención Anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (ASOVAC) (38, Ven., Maracay). Ven.
- FISCHER, R.; TURNER, N. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Plant Physiology* 29:277-317.
- GRINDLAY, D.; REYNOLDS, T. 1986. The *Aloë vera* phenomenon: A review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel. *Journal of Ethnopharmacology* 16:117-151.
- NOBEL, P. 1988. Environmental biology of Agaves and Cactis. Cambridge University Press 270 p.