

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA SÁBILA (*Aloe barbadensis* Mille) EN DIFERENTES PRÁCTICAS DE MANEJO

A.¹ Pedroza Sandoval; J.¹ Cruz García y A.² Samaniego Gaxiola

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, UACH. Bermejillo, Dgo.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Matamoros Coah.

RESUMEN. Se evaluó la capacidad de adaptación de la sábila en la región de Bermejillo, Durango, México, durante 1996 y 1997. Se determinó el crecimiento y desarrollo en dos sistemas de plantación (surco y cama), tres intervalos de riego (15, 30 y 45 días) y dos dosis de estiércol de bovino más el testigo (0, 60 y 120 ton ha⁻¹). Mediante el uso de modelos de regresión logístico, se determinó la mayor tasa de crecimiento (0.00237) de la hoja cuando el cultivo se regó cada 15 días ($P \leq 0.05$). Los sistemas de plantación y las dosis de estiércol no indujeron diferencias estadísticas en el número de hijuelos y las tasas de incremento del grosor y ancho de hoja. No hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el grosor de hoja por efecto del abonado con estiércol bovino. El mejor ancho de hoja (5.61 cm) se obtuvo en la siembra en surco y suelo sin estiércol ($P \leq 0.05$). El porcentaje de hojas vivas por planta fue similar en las diferentes frecuencias de riego, aplicación o no de estiércol y sistemas de plantación; excepto cuando la sábila se plantó en surco, se aplicó estiércol y se regó cada 45 días, afectándose negativamente el porcentaje de hojas vivas, reduciéndose de 91.4 a 89.1 y 88.1, cuando no se abonó y cuando se aplicaron 60 y 120 ton ha⁻¹ de estiércol bovino, respectivamente ($P \leq 0.05$).

Palabras clave: Aloe, estiércoles, prácticas agrícolas, abonado, riego.

SUMMARY. The capacity of adaptation of the sábila was evaluated in the region of Bermejillo, Dgo., Mexico, during 1996 and 1997. It was determined the growth and development in two plantation systems (f furrow and bed), three watering intervals (15, 30 and 45 days) and two dose of manure. Bovine were used including the test (0, 60 and 120 rhyme ha⁻¹). Using models of logistical regression models. The biggest rate of growth was determined (0.00237) of the leaf when the cultivation was watered every 15 days ($P \leq 0.05$). Los plantation systems and the doses of manure didn't induce statistical differences in the hijuelos number and the rates of increment of the grosor and wide of leaf. There was not significant difference ($P \leq 0.05$) in the leaf grosor for the subscriber's effect with bovine manure. The best leaf width (5.61 cm) it was obtained in the siembra in furrow and floor without manure ($P \leq 0.05$). The percentage of alive leaves for plant was similar in the different watering frequencies, application or not of manure and plantation systems; except when the sábila was planted in furrow, manure was applied and it was watered every 45 days, being affected the percentage of alive leaves negatively, decreasing from 91.4 to 89.1 and 88.1, when it was not paid and when 60 and 120 rhyme ha⁻¹ of bovine manure were applied, respectivamente ($P \leq 0.05$).

Words key: Aloe, manures, practical agricultural, subscriber, watering.

INTRODUCCIÓN

La escasez de agua, la salinidad de los suelos, las plagas y los patógeno son algunos de los problemas que actualmente limitan la producción agrícola en la Comarca lagunera. Esta problemática se ha agudizado en los últimos años por el uso de prácticas agrícolas

como la aplicación intensiva de agroquímicos y el sistema del monocultivo, destacando en este el último los cultivos de algodón y alfalfa, en condiciones de riego.

El enfoque de una producción sostenible y la reversión en la sobre-explotación de los recursos agua-suelo-cultivo, requiere de un cambio radical del esquema

productivo actual, donde la diversificación agrícola, el uso racional de agroquímicos y una mejor aplicación de las técnicas agrícolas, sean las bases de una nueva forma de hacer agricultura en la Comarca lagunera.

La sábila es de gran valor potencial como cultivo alternativo si se considera la alta capacidad de adaptación de esta planta a diferentes ambientes y la importancia social y económica que este cultivo representa, puesto que induce una elevada generación de mano de obra que se ocupa durante su establecimiento y recolección de hojas (Vivas, 1996). También es considerable la rentabilidad de la sábila, producto de la venta de materia prima (hojas) para la obtención de subproductos utilizados en la industria farmacéutica, alimenticia y cosmetología, en un mercado internacional demandante (Pedroza, 1999). A la fecha no se cuenta con una tecnología específica para el cultivo de la sábila en la región y considerando el potencial económico del cultivo, se realizó el presente estudio con el objetivo de hacer una evaluación del crecimiento y desarrollo de la planta de sábila en respuesta a diferentes sistemas de siembra, intervalos de riego y dosis de aplicación de estiércol bovino.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del área de estudio. El trabajo se realizó de enero de 1996 a julio de 1997, en el Campo Experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Bermejillo Durango, México.

Manejo y diseño experimental. Se evaluaron dos sistemas de plantación (surco y cama), tres frecuencias de riego (15, 30 y 45 días) y dos dosis de estiércol bovino más el testigo (0, 60 y 120 ton/ha). Se usó un diseño de bloques al azar en un arreglo de parcelas subdivididas, con tres repeticiones. Las parcelas grandes fueron los sistemas de plantación, las parcelas medianas correspondieron a las frecuencias de riego y las parcelas chicas a las dosis de estiércol bovino. La unidad experimental fue de seis surcos o tres camas de doble hilera, (según sistema de plantación), ambas de 10 m de longitud y una distancia de 1 m entre surcos y 2.0 m entre camas. Los surcos medios o las dos hileras medias, fueron la parcela útil, a partir de las cuales se obtuvo la información de las siguientes variables:

- Número de hijuelos por planta
- Longitud de hoja, medida en cm con uso de regleta y fue el promedio de las tres hojas más grandes de la planta, al igual que el ancho y grosor
- Ancho de hoja, medida en cm en la parte media

- de la base al ápice, con uso de Vernier
- Grosor de hoja, medida en cm con uso de Vernier
- Sobrevivencia de hojas, medida en porcentaje de hojas dañadas con respecto al total de las hojas sanas de la planta
- Tasas relativas de crecimiento expresadas por incremento de longitud, grosor y ancho de hoja, calculadas mediante uso de regresión logística, de acuerdo a la técnica de Richard's (1959 y 1969).

El estiércol se aplicó manualmente, según la dosis programada (0, 60 o 120 ton ha⁻¹, una vez que se expuso a la intemperie y se secó a peso constante. Posteriormente se efectuó el barbecho y un rastreo, en forma mecanizada, teniendo el cuidado para que durante la etapa de mezclado del estiércol con el suelo, no hubiera efecto de arrastre de la materia orgánica más allá de los límites del tratamiento. A continuación se desarrolló el levantamiento de los surcos y camas. Posteriormente se trazó la huerta marcando con cal los sitios de plantación, a una densidad de 10 mil plantas por hectárea, correspondiendo a 1 m de distancia entre plantas y 1 m entre hileras. Con auxilio de palas poceras se construyeron las cepas en suelo seco y se plantaron individualmente los hijuelos, los cuales fueron previamente extraídos de las plantas madres, a una edad de aproximadamente cinco meses. Después de la plantación se procedió a dar un riego de 30 cm de lámina en todo el experimento, para a partir de ahí, iniciar la siguiente programación de riegos conforme a los intervalos previamente establecidos (15, 30 y 45 días), con una lámina de riego uniforme de 20 cm. El riego fue suministrado mediante uso de sifones previa calibración de los mismos, de manera que la lámina total aplicada durante el período del presente estudio (Agosto de 1996 a Julio de 1997) fue de 240, 120 y 80 cm para los intervalos de riego de 15, 30 y 45 días, respectivamente. Para la evaluación de las variables se seleccionaron al azar cuatro plantas por tratamiento. Se efectuaron cinco fechas de evaluación: 6 de julio y 4 de octubre de 1996; así como los días 16 de los meses de enero, abril y julio de 1997.

Para el análisis de crecimiento de la planta estimada en base a la longitud, grosor y ancho de hoja, se empleó la modelación del proceso mediante la técnica de regresión (Draper y Smith, 1981). La curva típica del crecimiento de un vegetal tiende a adoptar una forma de S (Erickson, 1976; Hunt, 1982) por lo que está referida a modelos cuantitativos de tipo no lineal y más de tipo exponencial $Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3 + \dots + b_n X^n$ que equivale a la ecuación integrada de $Y = b_0 e^{bx}$, donde Y y X son las variables dependiente e independiente, respectivamente y; b_0 es

el intercepto y b_1 coeficiente de regresión. Cualquier modalidad de ecuación de análisis temporal, parte de la ecuación general $dy/dt = (Y_t - Y_{t-1})/[t - (t-1)]$, donde dy/dt es la tasa relativa de incremento denotada como b en la ecuación de regresión. Sobre estas bases se procedió a hacer una prueba de ajuste de las variables de crecimiento a los modelos biológicos más comunes: Logístico, Monomolecular y Gompertz (Winsor, 1932). Para ello cada variable monitoreada en las cinco fechas de muestreo y por tratamiento se convirtió en las observaciones para correr la regresión conforme a la ecuación de cada modelo, según procedimiento citado por Pedroza (Pedroza, 1995b). Las regresiones por cada modelo se ajustaron a las variables de crecimiento, teniendo como criterio de ajuste en cada prueba el coeficiente de determinación (R^2) y los Cuadrados Medios de Error (CME): $R^2 \geq 0.1$ CME ≤ 0.05 , pruebas que indican un buen ajuste a algún modelo en particular, de los tres incluidos en la prueba.

Al tomar las tasas relativas de crecimiento como parámetros de comparación entre tratamientos, luego entonces, se requirió una homogenización de tasas al modelo de mayor frecuencia de ajuste, lo cual se efectuó mediante la técnica de Richards (1959), la cual parte de la ecuación de regresión generalizada $Y = [1 \pm be^{-m}] / (1 - m)$, donde (+) es cuando $m > 1$ y (-) cuando $m < 1$; que es un parámetro de forma que proporciona flexibilidad al modelo. La equivalencia de tasa de diferentes modelos al modelo de mayor frecuencia de ajuste, es mediante una conversión de tasas originales (de mayor ajuste) a tasas transformadas (de mayor frecuencia de ajuste), mediante la ecuación $r_t = [(mx^2) + 2][Rho]$. Una vez estandarizadas las tasas al modelo de mayor frecuencia de ajuste, se procedió a efectuar un análisis de varianza y prueba múltiple de medias para identificar los efectos posibles de acuerdo a los factores de variación introducidos en el presente estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por análisis de regresión usando los modelos Logístico, Gómpertz y Monomolecular se identificó al modelo Logístico como el de mayor frecuencia de ajuste para la mayoría de las variables en que se aplicó esta técnica (ancho, grosor y longitud de hoja). Por tanto, las tasas de incremento que esporádicamente se ajustaron a los modelos Gómpertz y Monomolecular, fueron estandarizadas al modelo de mayor frecuencia de ajuste (Logístico), según técnica de Richards (1959, 1969; SAS, 1985) y posteriormente se procedió a un Análisis de Varianza y Prueba de Medias, citando sólo aquellas variables en las que hubo diferencia estadística, como la longitud de la hoja.

Longitud de hoja. No hubo efecto de tratamiento en la longitud de hoja, aunque si en términos de tasa de incremento la cual fue mayor (0.0023) cuando se regó cada 15 días (Cuadro 1), dicha tendencia fue mas marcada en la segunda etapa de desarrollo de crecimiento, después de pasado el efecto de las heladas del invierno-96, durante el cual varias hojas, sobre todo las mas externas fueron dañadas por el frío.

Los intervalos de riego de 30 y 45 días, fueron más moderadas en sus tasas de incremento de longitud de hoja con valores de 0.0019 y 0.0016, respectivamente, observándose una tendencia de disminución en la intensidad de crecimiento de la hoja conforme disminuye la disponibilidad de agua, sin haber diferencia entre los intervalos de 30 o 45 días entre riegos (Cuadro 1). Lo anterior está en concordancia con la importancia que juegan las relaciones hídricas con el desarrollo y crecimiento de las plantas Kramer (1974) y Donahue *et al.* (1981), citados por Flores (1988). Un buen tamaño de hoja y consecuentemente un mayor peso de la misma, son caracteres deseables para la

Cuadro 1. Tasas relativas de incremento en longitud de hoja de sábila bajo diferentes frecuencias de riego.

Intervalos de riego en días	Tasas relativas de incremento
15	0.00237 a
30	0.00196 b
45	0.00168 b

* Cifras con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ($P \leq 0.05$)

comercialización de la cosecha de la sábila, por lo que debe considerarse el suministro de agua acorde a la disponibilidad de este recurso y la cosecha de hoja requerida.

Grosor de hoja. El grosor de hoja de sábila fue mayor cuando no se aplicó estiércol bovino respecto a cuando se usó 60 ó 120 ton ha⁻¹, con valores promedios de 1.6, 1.5 y 1.5 cm, respectivamente, sin diferencia estadística entre los dos últimos valores (Cuadro 2). Esta respuesta pudiese estar relacionada con el efecto desfavorable que en una primera etapa produce la adición moderadamente alta de estiércol en los suelos, modificando las características físicas y químicas de éstos, sobre todo en lo que se refiere a la concentración de sales.

De acuerdo a Castellanos (1984) por cada tonelada de estiércol seco se incorpora al suelo hasta 50 kg de sales. Este autor recomienda no aplicar dosis mayores de 120 ton ha⁻¹ para evitar efectos nocivos en los cultivos. Aunque en el presente estudio se aplicó estiércol dentro del límite señalado, al parecer sí hubo un efecto negativo, que se manifestó en menor grosor de penca, variable que a su vez está directamente relacionada con el contenido de gel. Por lo anterior, es recomendable usar dosis menores de estiércol bovino y evitar con ello el ensalitramiento de los suelos, como lo mencionan Stewart citado por Aguirre (1985) y Fuller (1975) citado por Meléndez (1979), señalando éste último, que el estiércol tiene un alto

contenido de sales de potasio y sodio, las cuales contrarrestan los efectos benéficos de la materia orgánica en el mejoramiento de la estructura del suelo.

Adicionalmente la alta conductividad eléctrica producto de una alta concentración de sales en el suelo, afecta negativamente el crecimiento de las plantas (CONAZA, 1992) debido a que el incremento de la concentración salina en la zona de la rizósfera, aumenta la presión osmótica de la solución del suelo y por tanto baja el potencial hídrico, provocando una sequía fisiológica, lo cual ha quedado evidenciado experimentalmente en los trabajos de Hayward y Spuri (1944).

Ancho de penca. La sábila plantada en surco y que no se le aplicó estiércol bovino registró mayor ancho de hoja (5.61 cm), respecto a cuando se aplicó estiércol en las dosis de 60 y 120 ton ha⁻¹, con valores de 5.30 y 5.31 cm respectivamente, no obstante, dicho comportamiento no se presentó cuando la sábila se plantó en cama (Cuadro 3).

Al parecer la conservación de la humedad edáfica por efecto del sistema de siembra en cama, amortiguó el impacto negativo inmediato del estiércol aplicado, permitiendo una longitud y ancho de hoja más grandes que la plantación en surco en donde se aplicó estiércol. Estos resultados son congruentes con lo señalado por Santos (1995), quien indica que entre diferentes sistemas de plantación, el de surco permitió un mejor desarrollo de la planta.

Cuadro 2. Efecto de la dosis de estiércol bovino en el grosor de hojas de sábila.

Dosis de estiércol de bovino en ton/ha	Grosor de la hoja* (cm)
0	1.6 a
60	1.5 b
120	1.5 b

* Cifras con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey (P ≤ 0.05)

Cuadro 3. Efecto del sistema de plantación y dosis de estiércol bovino, en el mismo ancho de la hoja.

Dosis de estiércol (Ton/Ha)	Sistema de plantación	
	surco	cama
Ancho de la hoja (cm)		
0	5.61 a	5.37 a
60	5.30 a	5.46 a
120	5.31 a	5.33 a

* Cifras con la misma letra dentro de una columna, son estadísticamente iguales. Tukey (P ≤ 0.05).

Porcentaje de hojas vivas por planta. El porcentaje de hojas vivas fue mayor cuando la sábila se plantó en surco, se regó cada 45 días y no se aplicó estiércol, con 91.4 % de hojas vivas, si bien, fue similar al porcentaje que se obtuvo de los tratamientos en donde los intervalos de riego fueron de 15 o 30 días, sin importar la dosis de estiércol aplicado. Tampoco se manifestaron diferencias en el porcentaje de plantas vivas entre el tratamiento riego 45 días sin estiércol en surco con relación a todos los tratamientos en el sistema de siembra en cama (Cuadro 4), lo cual sugiere que, si por disponibilidad hídrica se decide un intervalo de riego de 45 días, es recomendable no aplicar estiércol; pero si se dispone de agua para regar cada 15 o 30 días en función de tener mejor desarrollo vegetal, podría ser aplicado estiércol en dosis intermedias entre 60 a 120 ton ha⁻¹. (Pedroza, 1995^a).

El número de hijuelos por planta no fue afectado por ninguno de los factores de variación considerados en este estudio, lo cual es indicativo de que, si bien es cierto que algunos caracteres de crecimiento de la planta son afectados por algunas prácticas agrícolas ó la misma disponibilidad hídrica, el carácter reproductivo de la planta no se afecta.

CONCLUSIONES

La tasa de incremento de longitud de penca fue mayor cuando se regó cada 15 días, en comparación a cuando se regó cada 30 o 45 días.

El grosor de penca fue mayor cuando no se aplicó estiércol bovino, con respecto a cuando se abonó a dosis de 60 o 120 ton ha⁻¹.

El sistema de plantación en surco y no abonado favoreció el ancho de penca con respecto a cuando se abonó y sin diferencia de abonado a cuando la sábila se plantó en cama.

El porcentaje de hojas vivas por planta fue mayor cuando no se aplicó estiércol, se regó cada 45 días y se plantó la sábila en surco; o bien aplicó estiércol (60 ó 120 ton ha⁻¹) pero regó cada 15 ó 30 días en cama o en surco. Longitud de hoja, número de hijuelos por planta y tasas de incremento en grosor y ancho de hoja, no variaron por efecto del sistema de plantación, dosis de estiércol y/o intervalos de riego usados en este estudio.

LITERATURA CITADA.

- Aguirre, B.M. 1985. Estudio microbiológico de la biodegradación del estiércol bovino y su evaluación agronómica. Tesis Maestría Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 174 p.
- Castellanos R., J. Z. 1984. El estiércol para uso agrícola en la Región Lagunera. (1): INIA-CIAN-CAELALA. Matamoros, Coahuila. México. Folleto técnico 18 p.
- Castro F., R. 1994. Apuntes: teoría y práctica de salinidad agrícola. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, UACH. Bermejillo. Dgo.México. 135 p.
- CONAZA, 1992. Sábila (Aloe vera L.) Berm. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. CONAZA-INE, México 29 p.
- Draper, N.R., y H. Smith. 1981. Applied regression analysis.

Cuadro 4. Efecto del sistema de plantación, frecuencia de riegos y dosis de abono bovino en el porcentaje de pencas vivas por planta de sábila.

DOSIS DE ABONO (ton ha ⁻¹)	SISTEMA DE PLANTACION (Porcentaje de hojas vivas por planta)					
	SURCO			CAMA		
	DIAS ENTRE CADA RIEGO			DIAS ENTRE CADA RIEGO		
	15	30	45	15	30	45
0	92.02a	91.74a	91.42a	91.67a	90.54a	89.98a
60	92.56a	91.28a	89.13b	91.24a	91.04a	89.11a
120	91.98a	90.42a	88.19b	92.15a	89.13a	88.87a

* Cifras con la misma letra dentro de una columna, son estadísticamente iguales, Tukey (P£0.05).

Wiley, New York.

47-54.

- Erickson, R. O. 1976. Modeling of plant growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27: 407-434.
- Flores C., S. C. 1988. Evaluación de la influencia de fuentes químicas orgánicas de fósforo y niveles de humedad, para tres genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en suelos de diferentes rangos de humedad aprovechable. Tesis Profesional. UACH. Depto. de Zonas Áridas. Chapingo, Méx. 131 p.
- Hayward, H.E., and W.B. Spuri. 1944. Effect of osmotic concentrations of inorganic and organic substrates on the entry of water into com roots. *Bot. Gaz.* 106: 131-139.
- Hunt, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant grown analysis. Edward Arnold. London.
- Meléndez, G. R. 1979. Efecto de la distancia entre surcos, densidad de población, subsuelo, abonado y fertilización química en la producción de maíz, bajo temporal. Tesis Profesional, UACH. Chapingo, Méx. 245 p.
- Pedroza S., A. 1995. a. Interacción patógeno-hospedante-ambiente y técnicas de evaluación de la enfermedad: Memorias del Evento Regional de Aprobación en Manejo Fitosanitario del algodón. UAAAN-UL, SAGAR-DGSV. Torreón, Coah. México. 174 pp.
- Pedroza S., A. 1995 b. Epidemiología Agrícola Principios y aplicaciones. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, UACH. Bermejillo, Dgo. México. p:
- Pedroza S., A. 1999. La sábila: un cultivo de perspectiva en la Comarca Lagunera. *Revista Agropecuaria Laguna.* (2): 6-8
- Richards, F.J. 1959. A flexible growth function for empirical use. *J. Expt. Bot.* 10: 290-300.
- Richards, F.J. 1969. The quantitative analysis of growth. p. 3-76. In: F. C. Steward (ed.). *Plant Physiology: a treatise.* V. A. Analysis of growth: behavior of plant and their organs. Academic Press, London.
- Santos, L.E. 1995. Aprovechamiento actual de la sábila (*Aloe barbadensis* Mi/ler) y aplicación del análisis dimensional en fa evaluación de algunas características morfológicas. Tesis Profesional. UACH. Depto. de Zonas Áridas. Chapingo, Méx. 120 p.
- SAS Institute, 1985. SAS/STAT user's guide. Ver. 60 Cary No C.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1985. *Bioestadística: principios y aplicaciones.* Mcgraw-Hill. México.
- Vivas, E. M. I. 1996. Prácticas del cultivo de sábila *Aloe barbadensis* Miller y algunos factores edafológicos que podrían influir sobre la calidad del gel. Tesis Profesional. UACH. Depto. de Zonas Áridas. Bermejillo, Dgo. 62 p.
- Winsor, C.P. 1932. The Gompertz curve as a growth curve. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 18: 1-7.