

## Caracterización agro-morfológica en genotipos de *Aloe vera* en dos estados de México

Abimael Lagunes-Domínguez<sup>1</sup>

Arturo Pérez-Vázquez<sup>1</sup>

Gregorio Hernández-Salinas<sup>2</sup>

Andrés Antonio Acosta-Osorio<sup>3</sup>

Rosa Isela Castillo-Zamudio<sup>1,§</sup>

1 Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. Carretera Federal Xalapa-Veracruz km 88.5, M. F. Altamirano, Veracruz, México. CP. 91700. (lagunes.abimael@colpos.mx; parturo@colpos.mx).

2 Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Carretera a la Compañía km 4, s/n, Tepetitlanapa. Zongolica, Veracruz, México. CP. 95005. (gregorio-18-18@live.com.mx).

3 Cátedra CONACYT-Instituto Tecnológico de Veracruz. Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos. (aandacos@gmail.com).

Autora para correspondencia: [rosychely@colpos.mx](mailto:rosychely@colpos.mx)

### Resumen

En la última década, la industria farmacéutica ha mostrado gran interés en el cultivo de sábila (*Aloe vera* (L.) Burm. F.). En México, se cultiva en diferentes estados y condiciones agroecológicas. El objetivo fue caracterizar *in situ* las características agro-morfológicas de sábila, en dos sitios en los estados de Puebla y Veracruz, México. En el ciclo agrícola 2019, se colectaron plantas de sábila, de dos años, en ambas regiones agroecológicas tanto en época de sequía y de lluvia. Las variables agro-morfológicas registradas fueron: largo, ancho, contorno, espesor, peso de hoja, peso de hoja útil, peso de residuos, peso del gel y peso de piel. Las variables edáficas analizadas fueron: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, textura, densidad aparente, nitrógeno total, fósforo y potasio. Además, se registró la altitud, la temperatura y precipitación medias de cada sitio. Las variables fueron analizadas a través de análisis de varianza, componentes principales y correlación de Pearson empleando el programa Rstudio y Statistical Analysis System. Se encontraron valores significativamente ( $p \leq 0.05$ ) mayores en el 60% de las variables agro-morfológicas de los materiales 1P, 2P y 2V con respecto al 1V. De acuerdo con el análisis de componentes principales, los dos primeros componentes principales, explicaron el 98.22% de la variabilidad morfológica total en los materiales evaluados por sitio. Existió correlación entre una variable geofísica, dos climáticas, dos edáficas y morfológicas, excepto ancho de hoja. Se concluye que existe una relación significativa entre las características agro-morfológicas de la sábila y las condiciones agroecológicas del sitio.

### Palabras clave:

agroecosistemas, sábila, sequía, zonas agroecológicas.

## Introducción

La sábila (*Aloe vera* (L.) Burm. F.), es una planta suculenta que se cultiva en países con climas semiáridos; pertenece a la familia Asphodelaceae (Liliaceae) (Surjushe *et al.*, 2008) y prospera preferentemente en climas secos (Bs), entre 18 y 40 °C de temperatura. En general, la planta de *A. vera* se desarrolla en cualquier tipo de suelo con alto contenido de materia orgánica y buen drenaje, no resiste bajas temperaturas por debajo de 18 °C ni radiación solar muy alta (Pedroza y Gómez, 2006).

México se ubica en el cuarto lugar a nivel mundial dentro de los principales países productores de *A. vera*. A nivel nacional, Tamaulipas ocupa el primer lugar con 4 044.7 ha, seguido de Veracruz, con 700 ha y Puebla con 170 ha. En Veracruz, *A. vera* se cultiva bajo temporal, mientras que en Puebla bajo condiciones de riego y temporal (SIAP, 2017).

Diversos estudios con *A. vera* demuestran que las condiciones edafo-climáticas y geográficas, afectan su desarrollo y crecimiento (Flück, 1995; Saks e Ish-shalom-Gordon 1995; Páez *et al.*, 2000; Tawfik *et al.*, 2001; Acosta, 2003; Franco-Salazar *et al.*, 2012).

Investigaciones como las de Kumar *et al.* (2019) determinaron la diversidad morfológica y bioquímica en 74 accesiones de *A. vera*, de la zona árida de la India, con intervalos de precipitación de 100 a 400 mm, y encontraron que las características morfológicas y bioquímicas son descriptores relevantes para diferenciar la diversidad genética del germoplasma de *A. vera*, a utilizar en programas de mejoramiento genético.

Dado que no se ha sistematizado la variabilidad agro-morfológica presente en las zonas de mayor producción de *A. vera* en México, el objetivo del presente estudio fue caracterizar *in situ* las características agro-morfológicas de cuatro genotipos de *A. vera*, en los diferentes sitios en los estados de Puebla y Veracruz, México

## Materiales y métodos

Las condiciones climáticas y geográficas de los sitios donde se colectaron los materiales de *A. vera* evaluados fueron: sitio 1P (18° 28' 47.8" latitud norte, 98° 35' 24.0" longitud oeste, altitud 1 096 m, clima AW<sub>0</sub>, precipitación 827 mm y temperatura 16.9 °C); sitio 2P (18° 26' 18.1" latitud norte, 98° 39' 40.6" longitud oeste, altitud 1 102 m, clima AW<sub>0</sub>, precipitación 827 mm y temperatura 16.9 °C); sitio 1V y sitio 2V (19° 18' 30.1" latitud norte, 96° 28' 52.5" longitud oeste, altitud 136 m, clima AW<sub>1</sub>, precipitación 1 516 mm y temperatura 25.4 °C) (García, 2004).

El material biológico correspondió a plantaciones comerciales de *A. vera* seleccionadas de forma aleatoria, tomando en cuenta el tipo de manejo agronómico. En el año 2019, se recolectaron 36 plantas para cada sitio de dos años y se transportaron a la Planta Piloto de Procesos Agroindustriales del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz para realizar las operaciones de manejo, limpieza, desinfección y medición. Para el registro de las variables morfológicas y el contenido de gel se seleccionaron hojas maduras de cada planta.

Las variables agro-morfológica registradas fueron: largo (LarHo), ancho (AncHo) y contorno de hoja (ConHo) con una cinta métrica (1 ±0.1 cm) (Hoechstmass<sup>®</sup>; Germany). Se pesó la hoja completa (Phoja), la hoja útil (PhojaU), que corresponde a la parte de la hoja utilizada por la agroindustria, peso del gel (Pgel), peso de residuos (PreHo), peso de tallo y raíz.

El peso (g) se obtuvo mediante una balanza ES-3000H de precisión 0.01 g (JD3000<sup>®</sup>; USA). El espesor de la hoja (EspHo) se midió con un vernier digital (0.1 mm) (Mitutoyo<sup>®</sup>; Kawasaki, Japan). El diseño experimental fue completamente al azar, usando 36 unidades experimentales (plantas de sábila) por cada sitio.

El análisis del suelo fue determinado con la norma NOM-SEMARNAT-2000. Para el pH se utilizó el método AS-02; para la conductividad eléctrica (CE) el AS-16; materia orgánica (Mor) mediante el método AS-07 de Walkley y Black. Para la densidad aparente (Dap), se usó la fórmula:

$$D = \frac{M}{V} \quad (\text{ecuación 1}).$$

Donde: D= a la densidad del suelo ( $\text{g cm}^{-3}$ ); M= a la masa (g); y la V= es el volumen ocupado ( $\text{cm}^3$ ). La determinación de nitrógeno total (N) se realizó por el método AS-25 mediante digestión. El fósforo (P) y potasio (K) fueron determinados por el método de Grow Master para análisis de nutrientes en agricultura.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (Anova) para detectar diferencias significativas en las variables morfológicas entre los materiales de *A. vera* y las medias se compararon mediante la prueba Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Además, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) a partir de la matriz de correlaciones de los promedios de las variables agro-morfológicas, mediante el procedimiento PRINCOMP de Statistical Analysis System y la distribución de los materiales de sábila se visualizó en un gráfico Biplot (Gabriel, 1971).

Las variables edáficas se analizaron por duplicado. Adicionalmente, se realizó el análisis de correlación de Pearson, para conocer la relación entre las variables agro-morfológicas y agroecológicas, como altitud (ALT), temperatura media (TEMP), precipitación media (PREC), estas dos últimas correspondientes a los dos últimos años. Los análisis estadísticos fueron analizados con los softwares Rstudio (versión 3.6.1) y SAS<sup>®</sup> V.9.0, NTSYSp<sup>®</sup> V.2.21 (Rohlf, 2009).

## Resultados y discusión

### Características agro-morfológicas

El Cuadro 1 muestra la media y la desviación estándar de las variables agro-morfológicas de los genotipos de *A. vera* estudiados. Los genotipos 1P, 2P y 2V presentaron los valores mayores (>60 cm) en LarHo, en contraste con el 1V (37.4 cm). Para la variable AncHo se encontró que el genotipo 1P fue el mejor (13 cm,  $p \neq 0.05$ ) respecto al 2V con 8.6 cm. En el caso de ConHo, no se encontró diferencia estadística entre los genotipos 1P y 2P, obteniendo mejores valores que 1V.

**Cuadro 1. Diferencias estadísticas de las medias de variables agro-morfológicas de las plantas de *A. vera* provenientes de Puebla y Veracruz.**

Variable	Puebla		Veracruz	
	1P	2P	1V	2V
LarHo (cm)	63.9 $\pm$ 7.5a	64.8 $\pm$ 3.8a	37.4 $\pm$ 14.3b	67.2 $\pm$ 5.5a
AncHo (cm)	13 $\pm$ 17.5a	10 $\pm$ 1ab	6.1 $\pm$ 1ab	8.6 $\pm$ 0.7b
ConHo (cm)	21.2 $\pm$ 1.8a	21.9 $\pm$ 1.1a	13.7 $\pm$ 2.1c	19.7 $\pm$ 1.6b
EspHo (cm)	2.3 $\pm$ 0.5ab	2.1 $\pm$ 0.5b	1.5 $\pm$ 0.5c	2.4 $\pm$ 0.1a
Phoja (g)	609.5 $\pm$ 193.4a	574.3 $\pm$ 95.9a	205.4 $\pm$ 70.1b	617.3 $\pm$ 71.5a
PhojaU (g)	509 $\pm$ 179.9a	476.9 $\pm$ 108.9a	166.7 $\pm$ 59.1b	472.8 $\pm$ 68.1a
PreHo (g)	349.4 $\pm$ 115.2a	330.3 $\pm$ 69.4a	129.2 $\pm$ 50b	351 $\pm$ 63.2a
Pgel (g)	260 $\pm$ 86.3a	244 $\pm$ 38.6a	76.2 $\pm$ 36.7b	266.3 $\pm$ 82a
Tallo (g)	658.6 $\pm$ 140.6a	625 $\pm$ 60.1a	530 $\pm$ 73.8b	454.3 $\pm$ 198.6b
Raiz (g)	556.4 $\pm$ 163a	572 $\pm$ 201.2a	416.6 $\pm$ 166.5b	312.3 $\pm$ 95c

Valor promedio de treinta y seis hojas maduras  $\pm$  desviación estándar. Medias con letras iguales en hileras no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). Los acrónimos de las variables se describen en materiales y métodos.

El valor más alto de EspHo lo obtuvo el genotipo 2V con 2.4 cm. Los materiales 1P, 2P y 2V presentaron medias más altas ( $p \leq 0.05$ ) en Phoja, PhojaU, PreHo, Pgel y peso de tallo. Alagukannan y Ganesh (2006) evaluaron las variables morfológicas de plantas de *A. vera* recolectadas en diferentes condiciones edafo-climáticas en la India y encontraron valores similares al presente trabajo, con valores (mínimos y máximos) de LarHo entre 40.8 a 63.1 cm, 4.4 a 10.9 cm de AncHo, 1.5 a 2.7 cm de EspHo, 187.7 a 434.3 g de Phoja y 112.6 a 282.5 g de Pgel.

Autores como Kumar *et al.* (2019) obtuvieron un rango de variación entre 30 a 57.5 cm en LarHo, 3 a 9.8 cm de AnchHo y 9.2 a 17.3 cm de EspHo, en plantas de *A. vera* recolectadas sólo en la zona árida de la India donde prevalecen condiciones de precipitación desde 100 hasta 400 mm. Los valores reportados por los autores citados anteriormente son similares a los valores obtenidos en el presente trabajo. Algunas diferencias pueden deberse a la disponibilidad de agua en las diferentes zonas productoras o al componente genético.

Los tres primeros componentes principales (CP) explicaron el 100% de la variación agro-morfológica total entre los genotipos estudiados (Cuadro 2). Las características asociadas al CP1 fueron LarHo, AnchHo, ConHo, EspHo, Phoja, PhojaU, PreHo y Pgel; mientras, que peso de tallo y de raíz se relacionaron con el CP2.

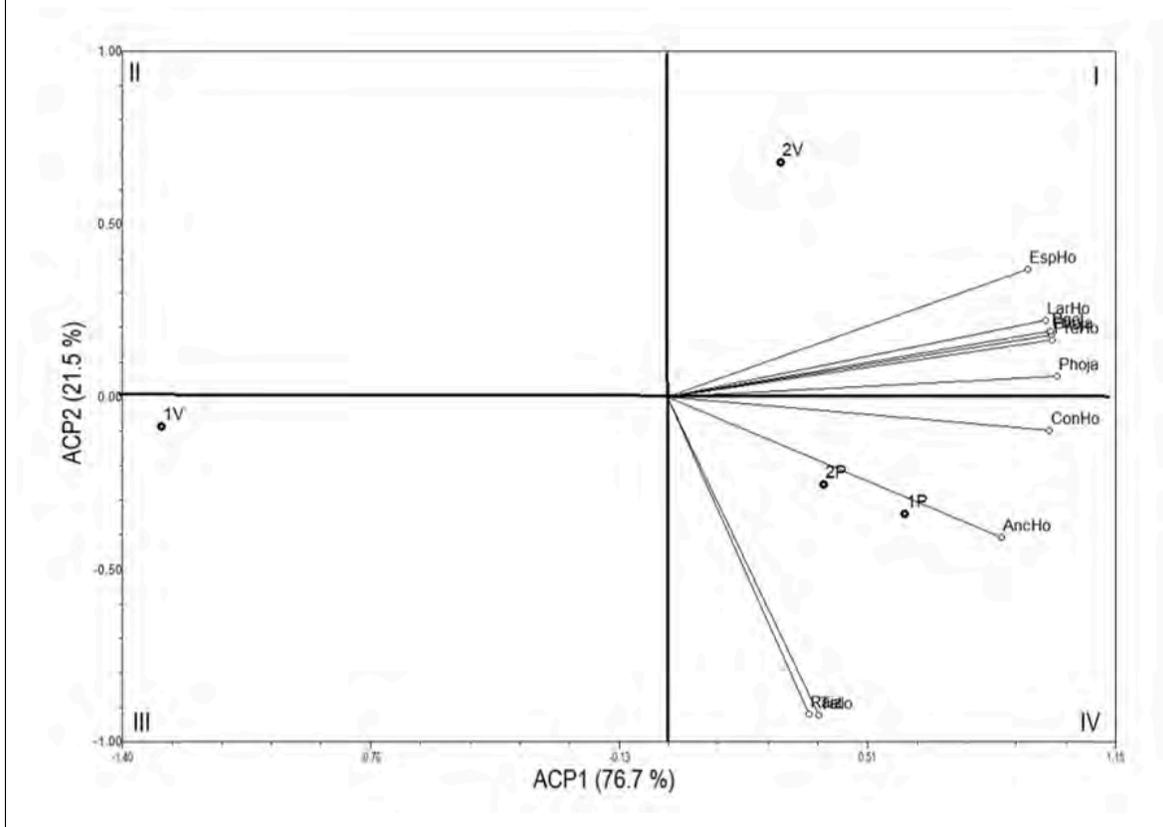
**Cuadro 2. Vectores propios, valores propios y proporción de la variación explicada de los tres primeros componentes principales (CP) de las características agro-morfológicas de *Aloe vera*.**

Variable	CP1	CP2	CP3
LarHo (cm)	0.97	0.22	0.1
AnchHo (cm)	0.85	-0.4	-0.31
ConHo (cm)	0.97	-0.09	0.18
EspHo (cm)	0.92	0.36	-0.09
Phoja (g)	0.98	0.17	0.01
PhojaU (g)	0.99	0.05	0.01
PreHo (g)	0.98	0.16	0.01
Pgel (g)	0.98	0.19	0
Peso de tallo (g)	0.38	-0.92	-0.04
Peso de raíz (g)	0.36	-0.91	0.15
Valor propio	7.67	2.15	0.17
Variación explicada (%)	76.71	21.51	1.77
Variación acumulada (%)	76.71	98.22	100

Con base en las variables cuantitativas de las plantas, se dispersaron los genotipos de sábila 1P, 2P y 2V en el CP1 al presentar más EspHo, LarHo, Phoja, ConHo, AnchHo, PreHo y Pgel con valores de 2.3 cm, 65.3 cm, 486.2 g, 20.9 cm, 10.5 cm, 343.5 g y 256.8 g, respectivamente. En el CP2 se ubicaron los materiales 1V, 1P y 2P al ostentar mayor peso de tallo y de raíz (604.5 g y 515 g, respectivamente) respecto al genotipo 2V (454.3 g y 312.3 g, respectivamente) (Figura 1).



Figura 1. Biplot de los *A. vera* provenientes de Puebla y Veracruz, construido con los dos primeros CP de 10 variables agro-morfológicas. Para los acrónimos de las variables (Cuadro 1).



Con respecto a la dispersión de los genotipos en función de las variables morfológicas se observó que las plantas de Puebla se ubicaron en el cuarto cuadrante, lo cual denota reducida diversidad morfológica. Mientras que los materiales de sábila del estado de Veracruz se distribuyeron en los cuadrantes 1 y 3 (Figura 1).

Esta variabilidad en las características agro-morfológicas de las plantas en Veracruz puede deberse a la diferencia en el manejo agronómico del productor. Al respecto, Cristiano *et al.* (2016) señala que el manejo agronómico puede afectar de manera positiva o negativa al cultivo de sábila, como lo son las técnicas de siembra y hasta el manejo poscosecha.

Según Añez y Vásquez (2005) algunas prácticas como la distancia de siembra no afectan al crecimiento de las plantas de sábila, pero sí al número de hijuelos que estas producen. Sin embargo, si no se hace un control adecuado de los hijuelos, estos pueden llegar a competir por agua y nutrientes del suelo con la planta principal, afectando su crecimiento de manera negativa.

### Análisis del suelo

Los suelos de las plantaciones de sábila en el Cuadro 3, mostraron que el pH en Puebla fue medianamente alcalino (7.4 y 8); mientras que, para Veracruz fue moderadamente ácido (5.4 y 6.3) (SEMARNAT, 2002). La CE en Puebla indica un suelo moderadamente salino (2.1 y 4 dS m<sup>-1</sup>) en comparación a Veracruz donde tuvo efectos despreciables de salinidad (0.1 y 0.2 dS m<sup>-1</sup>). Por otra parte, se registraron porcentajes de N muy altos para las cuatro plantaciones con sábila. Los suelos del sitio 1V presentaron valores de Mor muy alta (13.1%) en contraste con los de sitios 1P, 2P y 2V que están dentro de los intervalos de 1.9 a 2.6% clasificado como valores medios (SEMARNAT, 2002).

**Cuadro 3. Variables edáficas de cuatro sitios con *A. vera* en Puebla y Veracruz.**

Variable	Puebla		Veracruz	
	Sitio 1 <sup>†</sup>	Sitio 2 <sup>†</sup>	Sitio 1 <sup>†</sup>	Sitio 2 <sup>†</sup>
pH	7.4	8.0	5.4	6.3
CE (dS m <sup>-1</sup> )	2.1	1.8	0.2	0.1
Mor (%)	1.9	2.3	13.1	2.5
Tipo de suelo	Franco Arcillo- Arenoso	Franco-Arcilloso	Arcilloso	Franco-Arcilloso
Dap (g ml <sup>-1</sup> )	1.1	1.1	1.0	1.2
N (%)	5.7	8.0	5.8	12.9
P (mg L <sup>-1</sup> )	4.2	1.3	3.5	0.5
K (mg L <sup>-1</sup> )	20.0	13.0	8.0	5.0

\*= valor promedio de tres repeticiones. Los acrónimos se describen en materiales y métodos.

Los valores de correlación significativos entre las características agro-morfológicas y agroecológicas de los cuatro genotipos de sábila se presentan en el Cuadro 4, donde se encontró asociación significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre las variables agroecológicas: ALT, TEMP, PREC y CE del suelo con las variables agro-morfológicas de peso de tallo y raíz.

**Cuadro 4. Correlaciones agro-morfológicas en genotipos plantas de sábila y sus condiciones agroecológicas.**

	LarHo	AncHo	ConHo	EspHo	PHoja	PhojaU	PreHo	Pgel	Tallo	Raíz
ConHo	0.95 <sup>†</sup>	0.82								
EspHo	0.96 <sup>†</sup>	0.67	0.85							
PHoja	0.99 <sup>**</sup>	0.77	0.95 <sup>†</sup>	0.97 <sup>†</sup>						
PhojaU	0.98 <sup>**</sup>	0.83	0.97 <sup>†</sup>	0.94 <sup>†</sup>	0.99 <sup>**</sup>					
PreHo	0.99 <sup>**</sup>	0.77	0.95 <sup>†</sup>	0.97 <sup>†</sup>	0.99 <sup>**</sup>	0.99 <sup>**</sup>				
Pgel	0.99 <sup>**</sup>	0.76	0.94 <sup>†</sup>	0.97 <sup>†</sup>	0.99 <sup>**</sup>	0.99 <sup>**</sup>	0.99 <sup>**</sup>			
Raíz	0.16	0.63	0.47	-0.01	0.19	0.31	0.2	0.18	0.97 <sup>†</sup>	
ALT	0.49	0.83	0.74	0.33	0.52	0.62	0.53	0.51	0.93 <sup>†</sup>	0.93 <sup>†</sup>
TEMP	-0.49	-0.83	-0.74	-0.33	-0.52	-0.62	-0.53	-0.51	-0.93 <sup>†</sup>	-0.93 <sup>†</sup>
PREC	-0.49	-0.83	-0.74	-0.33	-0.52	-0.62	-0.53	-0.51	-0.93 <sup>†</sup>	-0.94 <sup>†</sup>
CE	0.45	0.86	0.7	0.31	0.49	0.59	0.5	0.48	0.95 <sup>†</sup>	0.94 <sup>†</sup>
Mor	-0.98 <sup>**</sup>	-0.79	-0.98 <sup>**</sup>	-0.94 <sup>**</sup>	-0.99 <sup>**</sup>	-0.99 <sup>**</sup>	-0.99 <sup>**</sup>	-0.99 <sup>**</sup>	-0.3	-0.29
Dap	0.92	0.41	0.76	0.94 <sup>†</sup>	0.89	0.84	0.89	0.9	-0.21	-0.2
K	0.26	0.85	0.49	0.19	0.33	0.43	0.34	0.32	0.94 <sup>†</sup>	0.87

Nivel de significancia de la correlación: <sup>†</sup> =  $p \leq 0.05$ , significativa; <sup>\*\*</sup> =  $p \leq 0.01$ , altamente significativa. Los acrónimos de las variables se describen en materiales y métodos.

Las variables edáficas con correlación alta significativa ( $p \leq 0.01$ ), pero en sentido negativo ( $|r| \geq -0.94$ ), fueron registradas entre la Mor del suelo y algunas características agro-morfológicas, lo cual indica que un suelo rico en Mor no favorece el desarrollo de atributos en la planta de sábila. Altas concentraciones de Mor pueden reducir el crecimiento y desarrollo de las plantas de sábila, y por lo tanto afecta de manera negativa al tamaño y peso de las hojas (Chowdhury et al., 2020).

La Dap tuvo una correlación significativa ( $p \leq 0.05$ ) con el EspHo de sábila ( $r = 0.94$ ), lo cual repercute directamente en atributos de calidad de la hoja como cantidad de gel y Phoja. El K se asoció significativamente ( $p \leq 0.05$ ) con el peso del tallo ( $r = 0.94$ ). La clasificación de las correlaciones

presentada en este estudio fue acorde a los criterios establecidos en el trabajo de Ruiz de Anda *et al.* (2019).

Las correlaciones altas  $|r| > 0.7$ ;  $p \leq 0.01$  entre las características agro-morfológicas y las agroecológicas (variables de clima y suelo), citadas en el presente estudio, permiten postular que las variables de PREC y TEMP del lugar de plantación, influyen en forma negativa en el tallo y raíz de la planta de *A. vera* y la Mor no favorece el desarrollo de la planta. Al respecto, Gepts (2008) resalta que las variables climáticas importantes en los procesos fisiológicos y de desarrollo de las plantas son generalmente: radiación solar, temperatura media del aire, temperatura y precipitación media anual.

## Conclusiones

Se encontró que genotipos de sábila 2V, 1P y 2P tuvieron los valores más altos en la mayoría de las variables agro-morfológicas, el genotipo 1V se encuentra completamente alejado del plano dimensional del resto, atribuido posiblemente la presencia de altos valores de Mor en el suelo. En general, la variable agroecológica de precipitación tiene una correlación alta con las características agro-morfológicas en los cuatro genotipos de sábila, lo que sugiere que las condiciones del sitio tienen un papel importante en la variación genética del germoplasma evaluado.

## Bibliografía

- 1 Acosta, L. L. 2003. Principios agroclimáticos básicos para la producción de plantas medicinales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 8(1):1-5.
- 2 Añez, B. y Vásquez, J. 2005. Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y rendimiento de la sábila (*Aloe barbadensis* M.). *Revista de la Facultad de Agronomía*. 22(1):1-12.
- 3 Alagukannan, G. and Ganesh, S. 2006. Variation and correlation studies in *Aloe vera* L. ecotypes. *Madras Agricultural Journal*. 93(7-12):279-282.
- 4 Chowdhury, T.; Chowdhury, M. A. H.; Rahman, M. A.; Nahar, K.; Chowdhury, M. T. I. and Khan, M. S. I. 2020. Response of *Aloe vera* to inorganic and organic fertilization in relation to leaf biomass yield and postharvest fertility of soil. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 26(2):346-354.
- 5 Cristiano, G.; Murillo-Amador, B. and Lucia, B. D. 2016. Propagation techniques and agronomic requirements for the cultivation of barbados aloe (*Aloe vera* (L.) Burm. F.) a review. *Frontiers in Plant Science*. 7(1410):1-14.
- 6 Flück, H. 1995. The influence of climate on the active principles in medicinal plants. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 7(1):361-383.
- 7 Franco-Salazar, V. A.; Véliz, J. A. y Rojas, D. A. L. 2012. Ecofisiología de *Aloe vera* (L.) Burm. f. en guayacán, península de Araya, estado Sucre, Venezuela. *Interciencia*. 37(6):444-450.
- 8 Gabriel, K. R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*. 58(3):453-467. <https://doi.org/10.1093/biomet/58.3.453>.
- 9 García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5<sup>ta</sup> ed. Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 19-49 pp.
- 10 Gepts, P. 2008. Tropical environments, biodiversity, and the origin of crops. Ming Ed. *Genomics of tropical crop plants*. Springer. USA. 1-20 pp.
- 11 Kumar, S.; Azam, M. M.; Venkatesan, K.; Anjly, P. and Kulloli, R. N. 2019. Morphological and biochemical variability in aloe germplasm in hot arid region of India. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 25(2):158-171.

- 12 Paez, A.; Gebre, G. M.; Gonzalez, M. E. and Tschaplinski, T. J. 2000. Growth, soluble carbohydrates and aloin concentration of *Aloe vera* plants exposed to three irradiance levels. *Environmental and Experimental Botany*. 44(2):133-139.
- 13 Pedroza, S. A. y Gómez, L. F. 2006. La sábila (*Aloe* spp.). Propiedades, manejo agronómico, proceso agroindustrial y de mercado. Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). Texcoco, Estado de México. 105-147 pp.
- 14 Rohlf, F. J. 2009. NTSYSpc: numerical taxonomy system. Version 2.21c. Exeter Software. Setauket. New York.
- 15 Ruiz de Anda, D; Ventura, L. M. G.; Rodríguez, H. G. and Ozuna, L. C. 2019. The impact of power ultrasound application on physicochemical, antioxidant, and microbiological properties of fresh orange and celery juice blend. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 13(2019):3140-3148. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00236-y>.
- 16 Saks, Y. and Ish-shalom-Gordon, N. 1995. *Aloe Vera* L., a potential crop for cultivation under conditions of low temperature winter and basalt soils. *Industrial Crops and Products*. 4(2):85-90.
- 17 SEMARNAT. 2002. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. 73.
- 18 SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- 19 Surjushe, A.; Vasani, R. and Saple, D. G. 2008. *Aloe vera*: a short review. *Indian Journal of Dermatology*. 53(4):163-166.
- 20 Tawfik, K. M; Sheteawi, S. A. and El-Gawad, Z. A. 2001. Growth and aloin production of *Aloe vera* and *Aloe seru* under different ecological conditions. *Egyptian journal of biology*. 3(2001):149-159



## Caracterización agro-morfológica en genotipos de *Aloe vera* en dos estados de México

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 March 2024
Date accepted: 01 April 2024
Publication date: 18 April 2024
Publication date: Apr-May 2024
Volume: 15
Issue: 3
Electronic Location Identifier: e3659
DOI: 10.29312/remexca.v15i3.3659

### Categories

Subject: Artículo

### Palabras clave:

**Palabras clave:**

agroecosistemas  
sábila  
sequía  
zonas agroecológicas

### Counts

Figures: 1  
Tables: 4  
Equations: 1  
References: 20  
Pages: 0