

Clones de nopal Oreja de Elefante Mexicana con potencial forrajero

Paulina Vázquez Mendoza¹
Mercia Virginia Ferreira Dos Santos²
Toni Carvalho de Sousa³
José Carlos Batista Dubeux Junior⁴
Djalma Cordeiro Dos Santos⁵
Jesús Miguel Calzada Marín^{6§}

¹Centro Regional de Educación Superior de la Costa Chica-Universidad Autónoma de Guerrero. Florencio Villarreal, Guerrero, México. CP. 41800. Tel. 7223150918. (vazmepa@gmail.com). ²Universidad Federal Rural de Pernambuco-Departamento de Zootecnia. Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife-PE, Brasil. (mercia.vfsantos@ufrpe.br). ³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano. Rua Manoel Romão 150, Alagoinhas Velha, Alagoinhas, BA. CEP. 48030-530. (tonicarvalho.ba@gmail.com). ⁴North Florida Research and Education Center, 3925 HWY 71, Marianna, FL. 32446-8091 (dubeux@ufl.edu). ⁵Instituto Agronômico de Pernambuco. Estação Experimental de Arcoverde BR 232, km 253, São Miguel CEP. 56500-000, Arcoverde-PE Brasil. (djalma.cordeiro@ipa.br). ⁶Colegio de Postgraduados. Carretera Méx-Tex km 36.5. Texcoco, México. CP. 56230. Tel. 5951149875.

§Autor para correspondencia: jesusmiguelcalzadamarin@hotmail.com.

Resumen

Evaluar clones del cultivar de nopal Oreja de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw), con el objetivo de encontrar el que mostrara características agronómicas y zootécnicas para ser considerado con potencial forrajero, se llevó a cabo un experimento en el Instituto Agronómico de Pernambuco (IPA), localizado en las coordenadas 08° 25' 15'' latitud sur y 37° 03' 41'' longitud oeste, a 663 msnm, con una precipitación de 692 mm. El periodo experimental comprendió de enero 2014 a julio de 2015 y los clones utilizados fueron Lisa 1, Lisa 2, Seg CV, Planta mãe, Seg 1, Seg 2, Seg 3, Seg 4, Seg 5 y Seg 6. Las variables evaluadas fueron producción (t MS ha⁻¹), número de cladodios en planta (NC), altura de la planta (AP), ancho de la planta (ANP), cantidad de espina (CE), tamaño de espina (TE) y cantidad de gloquidío (CG); dentro de cada planta se midió en cladodios, perímetro (P), longitud (LC), ancho (ANC) y grosor (GC), número de líneas (LCP) y número de yemas (YCP). El diseño experimental fue completamente al azar y la prueba de comparación de medias con Tukey ($p \leq 0.05$). Se presentaron diferencias entre clones ($p \leq 0.05$) lisa 2, mostró la menor CE, TE, CG, y la menor producción (6.45 t MS ha⁻¹), el clon Seg CV, presentó mayor producción (67.41 t MS ha⁻¹), NC, AP, y ANP; sin embargo, también presentó mayor CE, TE y CG por lo que pese a su rendimiento no muestra las mejores características agronómicas y zootécnicas.

Palabras clave: clones, nopal, potencial forrajero, semiárido brasileño.

Recibido: abril de 2020

Aceptado: mayo de 2020

En Brasil, la región nordeste comprende 18.27% del territorio nacional con 1 561 177.8 km², de los cuales 969 589.4 km² corresponden al semiárido brasileño, lo que representaría la suma del territorio de Alemania, Italia, Cuba y Costa Rica juntos (Araújo, 2011). En esta región semiárida del país, la vegetación que existe es muy diversa y está adaptada a las condiciones ambientales, como el caso del nopal forrajero, que pertenece al grupo de las crasuláceas por presentar un metabolismo diferenciado, abriendo las estomas esencialmente por la noche, cuando la temperatura ambiente es reducida, y con ello disminuyendo las pérdidas por evapotranspiración.

Su eficiencia de uso de agua es 11 veces mayor al de plantas C3 (Ferreira et al., 2008), mientras que para plantas C4, como el maíz o caña de azúcar, la eficiencia de *Opuntia* sp. es el triple bajo condiciones medioambientales similares (Nobel, 2002), características que lo hacen especialmente atractivas para su uso en el semiárido, principalmente como fuente de alimento para animales. Se estima que en el nordeste brasileño existen aproximadamente 500 mil hectáreas de nopal forrajero, donde los Estados en que se ha sembrado a mayor escala son Pernambuco y Alagoas (Santos et al., 2006).

En Pernambuco hay predominancia de tres cultivares, Gigante, Redonda y Miúda, este último se ha caracterizado por su rusticidad (Galvão et al., 2014); sin embargo, los cultivares Gigante y Redonda son susceptibles a la plaga de grana cochinilla, que ha causado grandes perjuicios a productores de la región semiárida (Cavalcanti et al., 2008). Trabajos de selección de clones resistentes a grana cochinilla demostraron que los cultivares Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dick), Oreja de Elefante Africana (*Opuntia* sp.) y Oreja de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw) muestran resistencia a la plaga (Vasconcelos et al., 2009).

El cultivar Oreja de Elefante Mexicana se introdujo en el nordeste brasileño recientemente, aproximadamente trece años, este cultivar es poco exigente respecto a la fertilidad del suelo; sin embargo, puede verse comprometida su palatabilidad y manejo debido a la presencia de espinas.

Vasconcelos (2011) menciona que es importante definir un programa de mejoramiento que contemple la selección de clones que presenten relevancias agronómicas, zootécnicas y de resistencia a grana cochinilla. Por lo que el objetivo de la investigación fue evaluar entre clones del cultivar de nopal Oreja de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw), el que presentara tanto características agronómicas como zootécnicas y proponerlo como el clon con potencial forrajero.

El experimento se realizó en la estación experimental del Instituto Agronómico de Pernambuco (IPA) en el municipio de Arcoverde, el cual cuenta con un clima clasificado como tropical semiárido (Ministerio de Integración Nacional, 2005) y se localiza en la región Agreste del estado de Pernambuco, zona conocida de transición entre la zona de bosque tropical húmedo y semiárido.

Ubicado entre las coordenadas 08° 25' 15'' latitud sur y 37° 03' 41'' longitud oeste, a una altura de 663 msnm, la precipitación media anual (promedio de 60 años) es de 692 mm. El establecimiento de la fase experimental se realizó en enero de 2014 y las evaluaciones se hicieron en julio de 2015, el experimento se estableció en un área de 5.5 m de ancho por 15.4 m de largo.

Los clones utilizados fueron Lisa 1, Lisa 2, Seg CV, Planta mãe, Seg 1, Seg 2, Seg 3, Seg 4, Seg 5 y Seg 6. La siembra se realizó con material vegetativo (10 cladodios por tratamiento) en líneas con separación entre surcos de 1.4 m y entre cladodios de 0.5 m, dicho material se obtuvo de 10 plantas

madre de nopal Oreja de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw), que fueron los tratamientos a evaluar. Para la fertilización se aplicaron 20 toneladas de estiércol de bovino por hectárea únicamente al inicio del experimento. Muestras de suelo fueron colectadas en el área experimental a una profundidad de 0-20 cm para evaluación de las características químicas. Los resultados se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Medias de las características químicas del suelo del área experimental.

Componente	Unidad	Media
pH (agua)		6.2
Fósforo ¹	(mg dm ⁻³)	160
Potasio	(cmol _c dm ⁻³)	1.26
Calcio	(cmol _c dm ⁻³)	3.4
Magnesio	(cmol _c dm ⁻³)	1.45
Manganeso	(mg dm ⁻³)	72.55
Zinc	(mg dm ⁻³)	15.3
Fierro	(mg dm ⁻³)	97.85
Cobre	(mg dm ⁻³)	0.35
Sodio	(cmol _c dm ⁻³)	0.2
Aluminio	(cmol _c dm ⁻³)	0
Hidrogeno	(cmol _c dm ⁻³)	1.78
SB ²	(cmol _c dm ⁻³)	6.32
CTC ³	(cmol _c dm ⁻³)	8.1
V ⁴	(%)	77.98
Carbono	(%)	0.86
m ⁵	(%)	0.16
MO ⁶	(%)	1.48

¹= Mehlich 1; ²= suma de bases; ³= capacidad de intercambio catiónico; ⁴= saturación por bases; ⁵= saturación por aluminio; ⁶= materia orgánica del suelo.

Las variables evaluadas fueron producción (t de MS ha⁻¹), número de cladodios en planta (NC), altura de la planta (AP), ancho de la planta (ANP), cantidad de espina (CE), tamaño de espina (TE) y cantidad de gloquidio (CG), dentro de cada planta se midió en cladodios, perímetro (P), longitud (LC), ancho (ANC), grosor (GC), número de líneas (LCP) y número de yemas (YCP). Para la determinación del número cladodios en planta, estos se contaron directamente, mientras que la altura fue determinada por la medición directa de cada planta considerando el ápice del cladodio más alto y la base de la planta, ésta con relación al nivel del suelo.

El ancho de la planta fue determinado midiendo la planta en sentido horizontal, considerando los cladodios más distantes de las extremidades en todas las plantas. La cantidad de espinas y gloquidios y el tamaño de espinas fueron estimados siguiendo las referencias de clasificación de gallegos-Vázquez *et al.* (2005). Las mediciones de líneas y yemas se realizaron contando sólo en cladodios de orden primario, debido a la falta de más ordenes en algunos clones.

Las mediciones de cladodios se realizaron después de cortar los órdenes secundarios en cada planta, la longitud se midió del ápice a la base del cladodio, el ancho midiendo el cladodio en forma horizontal tomado los bordes más grandes, el grosor se midió en la región central del cladodio con ayuda de un vernier y el perímetro se obtuvo midiendo el borde de los cladodios con cinta métrica.

Para estimar la producción ($t\ MS\ ha^{-1}$), los cladodios fueron cortados apenas manteniendo la planta madre, se pesaron inmediatamente, tomando después de ello una submuestra homogénea de los cladodios de cada planta, la cual se secó en estufa de circulación forzada de aire a $55\ ^\circ C$, hasta que no presento variación de peso a temperatura ambiente, con ella se estimó la producción de materia seca. El análisis estadístico de los datos se realizó empleando un diseño completamente al azar, utilizando el paquete estadístico SAS V.9.4, para la prueba de comparación de medias cuando se presentaron diferencias entre las variables evaluadas, se utilizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Se presentaron diferencias entre tratamientos en las variables evaluadas (Cuadro 2; $p \leq 0.05$), el número de cladodios osciló entre 6 y 74, el ancho de planta osciló entre 66 y 161 cm, la altura entre 50 y 99 cm. Estos resultados fueron inferiores a lo reportado por Ferreira *et al.* (2003) quienes al evaluar características morfológicas en clones de nopal forrajero *Opuntia ficus-indica* Mill, observaron alturas máximas y mínimas de 70 y 122 cm, en plantas cortadas a los 24 meses de establecidas, lo que explica la menor altura de las plantas en este trabajo ya que ellas fueron cortadas a los 20 meses.

Cuadro 2. Número de cladodios por planta (NCP), altura de planta (AP), ancho de planta (ANP), cantidad de espina (CE), tamaño de espina (TE), cantidad de glóquidos (CG) de clones de nopal Oreja de Elefante Mexicana.

Tratamiento	NCP	AP (cm)	ANP (cm)	CE*	TE*	CG*	MS ($t\ ha^{-1}$)
Lisa 1	16.7 bc	57.7 cd	72.2 de	1 bc	0.1 e	1 d	8.89 de
Lisa 2	13.42 bc	50.57 d	66 e	0.9c	0.2 e	1.2 cd	6.45 e
Seg CV	74 a	99.26 a	161.5 a	3 a	3 a	2.8 a	67.41 a
Planta mãe	28.8 b	85.3 ab	144.6 ab	1.1 bc	1.9 b	2 b	38.61 b
Seg 1	16.89 bc	64.22 cd	111.11 bc	1 bc	0.22 e	1.22 cd	14.5 cde
Seg 2	21.1 bc	65.7 cd	108.5 bcd	1 bc	0.8 cde	1.5 bcd	23.74 bcd
Seg 3	28.1 b	73.1 bc	125.8 abc	1 bc	1.4 bcd	1.7 bcd	30.84 bc
Seg 4	6.5 c	63.6 cd	61.3 e	1 bc	0.5 de	1.9 bc	6.43 e
Seg 5	24.33 b	68.56 c	118.33 bc	1 bc	1.7 bc	1.8 bc	24.89 bcd
Seg 6	15.4 bc	69.67 bc	93.33 cde	1.2 bc	1.6 bc	1.7 bcd	13.33 de
CV	46.74	15.57	22.44	15.93	61.2	29.36	43.91
<i>p</i>	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Medias seguidas de letras distintas en la misma columna difieren a 5% de significancia por la prueba de Tukey. CV= coeficiente de variación p = valor de p * Para variable cantidad de espina la referencia fue: 0= sin espina, 1= poca espina (1 a 4 espinas); 2= espinoso (5-8 espinas); 3= mucha espina (>10 espinas), para TE la referencia fue: 1= corta (11.69 y 21.81 mm); 2= mediana (21.811 a 28.56 mm); 3= larga (28.561 y >35.31 mm), para cantidad de glóquido o pelo la referencia fue 0=sin pelo; 1=poco pelo (1 a 50 pelos); 2= mucho pelo (50 a 80 pelos) y 3 (>80 pelos).

El clon Seg CV fue el que presentó mayor NC, AP, ANP y producción de materia seca (67.41 t ha^{-1}), características que lo harían el clon de nopal más atractivo para su reproducción y difusión como planta forrajera; sin embargo, autores como Silva *et al.* (2010) indican que en programas de mejoramiento de nopal forrajero, cuando se tiene como objetivo incrementar la producción de materia seca (t ha^{-1}) en cortes cada 24 meses, se debe priorizar la selección de clones que presenten mayor altura y ancho de planta.

Sin embargo, también deben ser analizadas variables como lo son la presencia, cantidad y tamaño de espinas y gloquidios, con el fin de que pudiera ser utilizada en la alimentación animal, Santos *et al.* (2019) indica que en el cultivar Oreja de Elefante Mexicana presenta espinas y gloquidios que limitan su calidad forrajera.

El clon Seg CV que presentó las mejores características respecto a producción también presentó la mayor CE, TE y TG (Cuadro 2). El clon que presentó la menor CE fue Lisa 2, mientras que para el TE, el clon Lisa 1 fue el que presentó el menor TE y la menor CG coincidiendo con la menor producción de materia seca. Los clones Planta mãe y Seg 3 mostraron valores de producción intermedia con 38.61 y 30.84 t ha^{-1} respectivamente; en relación a variables como CE, TE y CG obtuvieron menores valores respecto a Seg CV.

Se presentaron diferencias en las variables evaluadas en cladodios (Cuadro 3), el perímetro vario de 58 a 96 cm, la longitud de 21 a 33 cm, lo ancho de 16 a 30 cm, el grosor de 14 a 22 mm, el número de líneas y yemas en cladodios primarios osciló de 3.6 a 5.4 y de 3.8 a 5.2 respectivamente.

Cuadro 3. Valores promedio de perímetro de cladodio (PC), longitud de cladodio (LC), ancho de cladodio (ANC), grosor de cladodio (GC), número de líneas en cladodio primario (LCP) y número de yemas en cladodio primario (YCP) en clones de nopal Oreja de Elefante Mexicana.

Tratamiento	PC (cm)	LC (cm)	ANC (cm)	GC (mm)	LCP	YCP
Lisa 1	64.96 d	24.88 de	17.95 d	16.81 b	5.4 ab	5.2 a
Lisa 2	58.9 d	21.57 e	16.4 d	15.19 b	5.25 ab	5.25 a
Seg CV	80.92 bc	28.7 cd	23.14 bc	22.46 a	3.6 d	3.8 b
Planta mãe	96.93 a	33.8 a	30.2 a	17.14 b	4.4 bcd	5.2 a
Seg 1	85.18 abc	31.27 abc	27.49 ab	14.36 b	4.25 bcd	4.75 ab
Seg 2	84.22 abc	29.79 abc	26.2 ab	14.44 b	3.75 cd	4.25 ab
Seg 3	89.37 ab	28.43 cd	28.33 a	15.2 b	3.6 d	4.6 ab
Seg 4	72.15 cb	29.22 bcd	20.24 cd	17.3 b	5.6 a	5.2 a
Seg 5	90.92 ab	29.53 abc	28.14 a	14.14 b	3.75 cd	4 b
Seg 6	87.33 abc	33.62 ab	23.24 bc	16.2 b	4.8 abc	4.6 ab
CV	12.55	10.01	11.96	36.4 8	11.7	11.13
<i>p</i>	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003

Medias seguidas de letras distintas en la misma columna difieren a 5% de significancia por la prueba de Tukey. CV= coeficiente de variación p = valor de p .

El clon planta mãe fue el que presentó el mayor perímetro, relacionado con su mayor longitud y ancho de cladodio. Silva *et al.* (2010) mencionan que los clones de nopal más productivos además de presentar una mayor altura y ancho en la planta, los cladodios también son más anchos y de mayor longitud. Sin embargo, los resultados en este trabajo muestran que esto puede ser variable, ya que el clon que presentó la mayor altura y ancho en la planta no presentó los cladodios más grandes.

Esto puede ser atribuido a las características propias del clon, aunque diversas opiniones surgen como Sales *et al.* (2003) quienes indican que además de la genética de la planta, las oscilaciones climáticas influyen en el ancho y longitud de los cladodios, afectando de ese modo la producción, lo que pudo haber sucedido en el presente trabajo dada las condiciones edafoclimáticas propias del área de estudio.

El grosor del cladodio fue mayor en el clon Seg CV indicando de acuerdo con Mondragon-Jacobo *et al.* (2002) que es un indicativo de reservorio de agua, esta característica es útil porque indica una mayor adaptación a baja disponibilidad hídrica como es el caso de la región del Semiárido brasileño. Los clones Planta mãe y Seg 3 mostraron valores superiores a Seg CV en las variables PC, LC y ANC, mostrando características agronómicas y zootécnicas adecuadas.

El número de líneas en cladodios primarios fue mayor en el clon Seg 4. Hills (2001) menciona que la cantidad de yemas es importante debido a que cuando los cladodios son sometidos a condiciones ambientales adecuadas, pueden dar origen a nuevos cladodios, este trabajo mostró que solo los clones Seg CV y Seg 5 mostraron menor número de yemas en cladodios primarios, respecto a los clones Lisa 1, Lisa 2, Planta mãe, Seg 1, Seg 2, Seg 3, Seg 4, Seg 5 y Seg 6 mantuvieron valores similares de entre cinco yemas.

Conclusiones

Los clones de nopal Planta mãe y Seg 3 presentaron características deseables para uso forrajero, debido a su tendencia de mediana a alta productividad, que, conjugados con sus características de menor CE, TE y CG y de mayor PC, LC, ANC y GC, las hacen deseables agronómica y zootécnicamente.

Literatura citada

- Araújo, S. S. M. 2011. A região semiárida do nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. *Revista Rios Electronica*. 5(1):89-98.
- Cavalcanti, M. C. A.; Batista, A. M. V.; Guim, A.; Lira, M. A.; Ribeiro V. L. e Ribeiro Neto A. C. 2008. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-deelefante (*Opuntia* sp.). *Acta Scientiarum Animal Sciences*. 30(2):173-179.
- Ferreira, C. A.; Ferreira, R. L. C.; Santos D. C.; Santos, M. V. F.; Silva, J. A. A.; Lira, M. A. e Molica, S. G. 2003. Utilização de técnicas multivariadas na avaliação da divergência genética entre clones de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill). *Rev. Bras. Zootec.* 32(6):1560-1568.

- Ferreira, M. A.; Pessoa, R. A. S. e Silva, F. M. 2008. Produção e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes. *In: memórias del I Congresso Brasileiro de Nutrição Animal*. 21-24 de setembro, Fortaleza, Ceará. Brasil. 130 p.
- Gallegos-Vázquez, C. J.; Cervantes-Herrera, J. y Barrientos-Priego. A. F. 2005. Manual gráfico para la descripción varietal del nopal tunero y xoconostle (*Opuntia* spp.). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)-Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México. 116 p.
- Galvão, Jr. J. G. B.; Silva, J. B. A.; Morais, J. H. G. e Lima, R. N. 2014. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. *Acta Veterinaria Brasilica*. 8(2):78-85.
- Hills, F. S. 2001. Anatomia e morfologia. *In: Inglese, G. B. P. e Barrios E. P. Agroecologia cultivo e usos da palma forrageira*. 2.ed. Paraíba: SEBRAE. 28-35 pp.
- Ministério da Integração Nacional. 2005. Nova delimitação do semiárido brasileiro. Brasília: MIN/Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. http://www.asabrazil.org.br/UserFiles/File/cartilha_delimitacao_semi_arido.pdf.
- Mondragon-Jacobo, C. and Pérez-González, S. 2002. Genetic resources and breeding cactus pear (*Opuntia* spp.) for fodder production. *Acta Hortic*. 581(1):87-93.
- Nobel, P. S. 2002. Ecophysiology of *Opuntia ficus-indica*. *In: Mondragon- Jacobo, C. and Perez-González, S. (Eds.). Cactus (Opuntia spp.) as forage*. FAO Plant Protection and Production Paper 169, Rome, Italy. 13-20 pp.
- Sales, A. T.; Andrade, A. P.; Silva, D. S.; Leite, M. L. M. V.; Viana B. L. e Ramos, J. P. F. 2003. Taxa de crescimento relativo de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 34(1):340-346.
- Santos, D. C.; Farias, I.; Lira, M. A.; Santos, M. V. F.; Arruda, G. P.; Coelho, R. S. B.; Dias, F. M. e Melo, J. N. 2006. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA). Documento 30. Recife. 48 p.
- Santos, M. V. F.; Souza, T. C.; Mendoza, P. V.; Santos, D. C.; Cunha, M. V.; Silva, M. C.; Dubeux Jr., J. C. B.; Lira, M. A.; Mello, A. C. L. and Ferreira, R. L. C. 2019. Chemical composition and spine occurrence in cactus pear genotypes. *Bélgica. Acta Hortic*. 1247(1):213-219.
- Silva, N. G. M.; Lira, M. A.; Santos, M. V. F.; Dubeux Jr, J. C. B.; Mello, A. C. L. e Silva, M. C. 2010. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira¹. *Rev. Bras. Zootec*. 39(11):2389-2397.
- Vasconcelos, A. G. V.; Lira, M. A.; Cavalcanti, V. A. L. B. e Santos, M. V. F. 2009. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius ceylonicus*). *Rev. Bras. Zootec*. 38(5):827-831.
- Vasconcelos, A. G. V. 2011. Resistência à cochonilha do carmim em clones de palma forrageira. Tese de Doutorado em zootecnia. Universidade Federal Rural de Pernambuco. <http://ppgzufrpe.jimdo.com/teses-1/teses-2011/>.