

Técnicas de multiplicación de plantines de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) a nivel de vivero en "La Violeta"

Carol Rojas; Hernán Campos; Franz Gutiérrez; Ruddy Meneses

Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta"
Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias - Universidad Mayor de San Simón

E mail: ainodelec@gmail.com

Resumen. Se trabajó con la especie *Opuntia ficus-indica* (tuna). El ensayo se estableció el 12 de enero de 2016 a nivel de vivero. Se evaluó el prendimiento a partir de fracciones de cladodio a más de otras variables relacionadas, bajo un diseño factorial en bloques al azar con arreglo de parcelas sub divididas, en cuatro repeticiones. Se evaluó tres factores a) Sustratos: tierra del lugar y mezcla (arena, tierra del lugar y tierra vegetal en una proporción 1:1:1; b) Tamaño de fracción de cladodio: penca cortada en 4, 6 y 8 trozos; y c) Posición de plantación: horizontal y vertical. Los resultados con una mayor tasa de prendimiento fueron: sustrato mezcla con un prendimiento de 55.5% con un tamaño de raíces de 17.7 cm. Las fracciones más grandes (cuatro, seis trozos) plantadas en posición vertical, presentaron los mejores resultados de prendimiento con 58.8%, con 7.2 puntos de emisión de raíces; 1.5 g/planta de materia seca de raíces, 9.1 g/planta de materia seca de brotes y 7.7 cm de ancho de brote. Se concluye que los factores sustrato mezcla, fracción cuatro y posición vertical, influyeron positivamente en la tasa de multiplicación, logrando brotes vigorosos.

Palabras clave: Cactáceas; Propagación vegetativa; Forrajes.

Summary: Techniques for multiplying tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) seedlings at nursery level in "La Violeta". This study was worked with the species *Opuntia ficus-indica* (tuna). The trial was established on January 12, 2016 at nursery level. The engraftment was evaluated as from cladode fractions to more of other related variables, under a factorial design in random blocks with sub divided plots arrangement, in four repetitions. Three factors were evaluated: a) Substrates: earth of the place and mixture (sand, earth of the place and vegetal earth in a proportion 1: 1: 1, b) Size of cladode fraction: penca cut in 4, 6 and 8 pieces; and c) Planting position: horizontal and vertical. The results with a higher rate of engraftment were: substrate mixed with a yield of 55.5% with a root size of 17.7 cm. The largest fractions (four, six pieces) planted in vertical position, presented the best results of engraftment with 58.8%, with 7.2 points of roots emission; 1.5 g/plant of dry matter of roots, 9.1 g/plant of dry matter of shoots and 7.7 cm of shoot width. It is concluded that the factors substrate mix, fraction four and vertical position, positively influenced the rate of multiplication, achieving vigorous shoots.

Keywords: Cactaceae; Vegetative propagation; Forages.

Introducción

La tuna *Opuntia ficus-indica* L. pertenece a la familia Cactaceae, siendo las cactáceas, especies endémicas del continente

americano que se desarrollan principalmente en las regiones áridas y semiáridas (Flores *et al.* 1995).

El centro primitivo de diferenciación de las cactáceas, fue el Golfo de México y el Caribe, desde donde emigraron para constituir las dos zonas geográficas actuales: América del Norte y América del Sur.

En América del Norte se localizan 92 géneros de cactáceas, de las cuales 51 existen en México y 31 en Estados Unidos, en tanto que en América del Sur se localizan 10 géneros. Esta distribución ubica como centro de diseminación a México.

Las tunas se han adaptado perfectamente a zonas áridas, caracterizadas por condiciones secas, lluvias erráticas y suelos pobres expuestos a la erosión. Algunas especies son inclusive consideradas como plantas naturalizadas en países como Sudáfrica y Australia, donde las condiciones ambientales son particularmente favorables (Reynolds y Jiménez 2003).

Según Iñiguez (2013), las zonas áridas comparten características comunes y marginales para la agricultura y ganadería. La marginalidad deriva de la escasa disponibilidad de agua como consecuencia de sequías prolongadas que pueden extenderse hasta 10 meses del año, a menudo presentando secuencias recursivas de episodios de sequía extrema a través de los años, además de altos índices de evapotranspiración. En tales condiciones ambientales, la producción de cultivos y forrajes debe acomodarse a la corta época de lluvias, con altos riesgos, a menos de que se cuente con agua para producir bajo riego. En Latinoamérica estas zonas están extendidas desde México en Norte América hasta el extremo sur en la Patagonia, con una variedad de climas, desde aquellos con temperaturas glaciales en los andes altos, a los de temperatura elevadas en climas tropicales y

subtropicales secos como de los estados del noreste de Brasil, los estados semiáridos de Venezuela o la sub región del chaco compartida por Argentina, Bolivia y Paraguay. Albergan además, una población con los índices más altos de pobreza rural y marginalización en la región, sin que esta condición haya cambiado en las últimas décadas, debido a un desarrollo precario en comparación con el desarrollo de otras zonas en condiciones más propicias para la producción agropecuaria. Esta situación dio lugar a tasas elevadas de migración rural, las que crean desequilibrios sociales y económicos en los países, sin mencionar los efectos traumáticos que tal nefasto proceso impone a la familia del agricultor.

Una opción para enfrentar las limitaciones descritas, es el cultivo de la tuna (del género *Opuntia*), la cual es altamente eficiente en el uso del agua, soporta periodos de sequía y altas temperaturas, se adapta muy bien a suelos pobres en nutrientes y con limitaciones de recursos hídricos. Su alto potencial productivo, coloca a esta especie como una importante fuente de forraje. Las pencas son utilizadas por los ganaderos para proporcionar alimento y agua en periodos de sequías y escasez de forraje a bovinos, ovinos y caprinos. El establecimiento de plantaciones de tuna para producción de forraje, constituye una opción para disminuir la presión sobre las poblaciones silvestres. También mediante un manejo especializado de plantaciones, se podrá mantener la producción por periodos largos, logrando atenuar los efectos negativos de las sequías recurrentes y prolongadas sobre las actividades pecuarias. Por otra parte las plantaciones de tuna tienen un efecto ecológico benéfico, ya que las plantas protegen al suelo contra la erosión hídrica y eólica.

La tuna es una planta de fácil propagación y con buen rendimiento de forraje, capaz de prosperar en tierras marginales, con la ventaja adicional de producir frutos y verdura para consumo humano.

En esta especie, muchas veces la reproducción asexual o vegetativa resulta ventajosa desde el punto de vista comercial, debido a que se conservan las características fenológicas y fenotípicas de la planta madre. Para ello, las plantas “madre” deben estar sanas, libres de plagas y tener edades mayores de 1 a 2 años. Esta forma de reproducción puede realizarse mediante dos sistemas: pencas enteras o fracciones mínimas. El método de fracciones mínimas, se usa cuando existe escasez de material vegetativo o cuando hay grandes distancias entre el huerto madre y el nuevo huerto, con el objetivo de evitar grandes costos en transporte. Los trozos deben tener al menos una areola por cada lado aunque, trozos más grandes producirán un mayor número de brotes y de mayor peso (Mondragón y Pimienta 1999).

El objetivo central del presente estudio, fue desarrollar técnicas de mayor eficiencia que permitan una alta tasa de propagación de plantines vigorosos de tuna, a nivel de vivero. En este sentido, el trabajo se enfocó en los siguientes objetivos específicos, relacionados con tres factores para la producción de plantines de tuna en vivero:

- Determinar el **tipo de sustrato**, con el cual se obtenga una mayor tasa de multiplicación y mayor vigor (en términos de acumulación de biomasa de brote) en la producción de plantines de tuna.

- Determinar el **tamaño de fracción cladodio** con el cual se obtenga una mayor tasa de multiplicación y mayor vigor en la producción de plantines de tuna.

- Determinar la **posición de plantación** de cladodio, con el cual se obtenga una mayor tasa de multiplicación y mayor vigor en la producción de plantines de tuna.

Materiales y métodos

Se trabajó con la especie *Opuntia ficus-indica* L., que presenta características adecuadas para su utilización como forraje, debido a la escasa presencia de espinas, además de su carácter suculento. Se recolectó material sano, en especial libre de la mancha negra y de cochinilla, de la zona de Tarata en Cochabamba. A nivel de vivero, el trabajo se realizó en el Centro de Investigación en Forrajes (CIF) “La Violeta”, ubicado en la localidad de Tiquipaya, a 2614 msnm.

El ensayo fue establecido bajo un diseño experimental factorial, en bloques, bajo un arreglo de parcelas sub divididas, con cuatro repeticiones, con 10 plantas por unidad experimental, evaluando los siguientes factores:

Factor A: Tipo de sustrato:

A1: Tierra del lugar

A2: Tierra del lugar + Tierra vegetal + Arena (mezcla proporción 1:1:1)

Factor B: Tamaño de fracción de cladodio, a partir de una penca estándar en tamaño y edad, la cual se la dividió en:

B1: 4 trozos (tamaño grande)

B2: 6 trozos (tamaño mediano)

B3: 8 trozos (tamaño pequeño)

Factor C: Posición de plantación:

C1: Horizontal

C2: Vertical

Se aplicó un análisis de varianza con la Prueba de Fisher, previa verificación de los supuestos de varianza. Para las variables donde se tuvo diferencias significativas, se aplicó pruebas de comparación de medias.

El ensayo duró 6 meses (enero a julio de 2016), durante los cuales y en especial en las últimas semanas, se evaluaron las diferentes variables de respuesta.

Resultados y discusión

La evaluación del ensayo se dividió en dos partes: a nivel de la parte aérea y a nivel de la parte radicular.

Los coeficientes de variación encontrados (entre 9% a 34%), muestran que están dentro el rango aceptable para condiciones de campo, ya que el límite aceptable es de 30% a 35%.

Evaluación de la parte aérea

En el Análisis de Varianza (ANVA), para el **porcentaje de prendimiento**, solo se encontró diferencias estadísticas significativas para la interacción de los factores fracción * posición (Cuadro 1).

Destaca la interacción fracción cuatro por la posición de plantación vertical, con un promedio significativamente diferente (Duncan) al resto de las interacciones.

La menor respuesta para esta variable (prendimiento), se dio con la misma fracción 4 pero con la posición horizontal de plantación, resultado atribuido al proceso de deshidratación sufrido por la penca, que derivó en una deformación de los trozos, manifestada en una curvatura de los mismos; esta deformación provocó que no haya un contacto eficiente entre la fracción y el suelo.

Para el factor sustrato, se tuvo diferencias a una probabilidad de 8%, valor que muestra la consistencia de respuesta a favor del sustrato preparado con una mezcla habitual para trabajos de vivero.

Con el sustrato preparado se logró un 55% de prendimiento mientras que con el sustrato de solo tierra del lugar, se tuvo solo un 47% de prendimiento de las fracciones de tuna.

Para la variable ancho de brote, los factores fracción y la interacción sustrato * fracción muestran diferencias significativas (Cuadro 2).

Cuadro 1. Valores medios para la interacción *fracción * posición*, para la variable *prendimiento* (en %)

		Posición de plantación		Promedio
		Horizontal	Vertical	
Fracción	4 trozos	38.8 b	58.8 a	48.8
	6 trozos	53.8 ab	43.8 ab	48.8
	8 trozos	56.3 ab	55.4 ab	55.8
	Promedio	49.6	52.6	

Promedios seguidos de letras distintas, son estadísticamente diferentes, según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5% (válido para todos los cuadros).

Cuadro 2. Valores medios para la interacción *sustrato * fracción*, para la variable *ancho de brote* (cm)

	Factores	Sustrato		Promedio
		Tierra del lugar	Mezcla	
Fracción	4 trozos	7.4 abc	7.9 ab	7.70 ab
	6 trozos	8.0 a	7.4 abc	7.75 a
	8 trozos	7.1 c	7.2 bc	7.21 b
	Promedio	7.5	7.5	

Así, el sustrato tierra con la fracción seis, presentó mayor valor para el ancho de brote, respuesta que es reflejo de la rusticidad que presenta esta especie y su adaptación a todo tipo de suelo, en este caso uno bastante pobre, en sus cualidades físicas especialmente.

En el caso de las fracciones 4 y 6 y su mejor respuesta con el sustrato mezcla, este mayor volumen de biomasa puede atribuirse a las condiciones físico-químicas que este sustrato presenta, es decir un mayor contenido de materia orgánica que ayuda a retener mayor humedad, y da una mejor aireación, gracias a la arena que ayuda para una mayor porosidad; en cambio, el sustrato tierra presenta suelos de textura franco limoso e infiltración lenta, lo que provoca una mayor probabilidad de encharcamiento y menor porosidad, afectando al desarrollo de la planta.

Para la variable materia seca de brotes, se tiene diferencias significativas solo para los factores simples fracción y posición de plantación (cuadros 3 y 4).

El Cuadro 3 muestra la mejor respuesta para la posición de plantación horizontal, con un valor significativamente mayor al obtenido con la posición vertical, para la materia seca de brotes. Esta diferencia se puede atribuir a que la posición horizon-

tal, al evitar una mayor evapotranspiración, estimula al desarrollo de la parte aérea de la planta y por ende mayor peso de brotes en comparación con la posición vertical.

Cuadro 3. Materia seca de brotes (g/planta) para *posición de plantación*

	Posición de plantación	
	Horizontal	Vertical
Promedio	8.5 a	7.5 b

DMS < 0.05

En el Cuadro 4, se observa que el tamaño de fracción cuatro tuvo mayor producción de materia seca de brotes en comparación a los otros tamaños de trozo de penca. Para la variable largo de brote no se encontró diferencias significativas.

Los resultados pueden atribuirse al efecto positivo del tamaño del trozo, ya que mientras más grande, mayores serán las reservas de nutrientes y mayor será el área foliar, lo cual influye en la producción de brotes. Al respecto, Arismendi (2001), trabajando en el cultivo de yuca, demostró que el mayor rendimiento de brotes, se alcanzó con la utilización de estacas más grandes, logrando un desarrollo vegetativo vigoroso, dando origen a una mayor área foliar.

Cuadro 4. Materia seca de brotes (g/planta) para el factor *tamaño de fracción* de penca

	Tamaño de fracción		
	4 trozos	6 trozos	8 trozos
Promedio	9.1 a	8.0 ab	6.9 b

Evaluación de la parte radicular

Para las evaluaciones de raíces, se separó aquellas plantas que presentaban brotes de las que no tenían este desarrollo, debido a una evidente diferencia del estado fisiológico de las mismas; claro está que ambos grupos mostraban evidencia de prendimiento.

El ANVA para puntos de emisión de raíces, encontró diferencias estadísticas significativas para los tres factores simples y las interacciones sustrato * fracción y la interacción fracción * posición (cuadros 5 y 6, respectivamente).

En el Cuadro 5 se observa que el sustrato tierra con la fracción cuatro, presentó significativamente un mayor número de puntos de emisión de raíces, en comparación al resto de las interacciones, las cuales presentan valores similares. Esta diferencia se puede atribuir al área fotosintética activa, ya que a mayor área foliar mayor producción de biomasa; de igual manera se debe considerar la rusticidad de la especie, lo cual ayudó para tener mayor número de puntos de emisión de raíces, gracias al grado de adaptación de la tuna a suelos relativamente pobres, en especial en su condición física.

En el Cuadro 6, la interacción fracción cuatro con la posición vertical, reporta el mayor valor, por encima de la media general, lo cual puede atribuirse a que los tamaños de fracción más grandes presentan un mayor número de areolas y al ser

plantadas en posición vertical presentan un mejor desarrollo de raíces porque en este sentido estas tienen mayor estabilidad en el suelo y las areolas entran en contacto con el suelo en el haz y el envés de la fracción.

Al respecto Álvarez *et al.* (2007), en un trabajo de investigación donde evaluaron el tamaño de esqueje para la propagación de plantas de *Rosmarinus officinalis* (romero), estas presentaron mejor respuesta a mayor tamaño de esqueje (10 cm), que mostró diferencias con los otros dos tamaños. Similar resultado obtuvo (Aloni 1987 citado en Álvarez *et al.*, 2007), que indica que el tamaño de esqueje tiene una influencia directa en la respuesta de la fitomasa, ya que el esqueje al ser una porción de un tallo, a medida que incrementa su tamaño garantiza una mayor acumulación y transporte de solutos en la planta. Este al presentar más nudos o yemas hace que se produzcan más brotes radicales, lo que garantiza mayor absorción de nutrientes para la planta.

Por otra parte, trabajos realizados por Rosas *et al.* (2007), donde estudiaron el efecto de la posición de plantación de *Manihot esculenta* (yuca), observaron que hay diferencias en el rendimiento total (número total de raíces, número de raíces comerciales y peso total), en función de la forma de colocado de estacas; así al estar de manera inclinada, se superó a la posición horizontal.

Cuadro 5. Valores medios para la interacción *sustrato * fracción*, para la variable puntos de emisión de raíces por fracción de penca

Fracción	Sustrato		Promedio
	Tierra del lugar	Mezcla	
4 trozos	7.2 a	5.1 b	6.1
6 trozos	5.8 b	5.4 b	5.6
8 trozos	4.4 b	4.6 b	4.5
Promedio	5.8	5.0	

Cuadro 6. Valores medios para la interacción *fracción * posición*, para la variable puntos de emisión de raíces por fracción de penca

Fracción	Posición de plantación		Promedio
	Horizontal	Vertical	
4 trozos	5.1 b	7.2 a	6.1
6 trozos	5.4 b	5.8 b	5.6
8 trozos	3.2 c	5.2 b	4.5
Promedio	4.6	6.2	

Para la variable tamaño de raíces, se encontró diferencias significativas solo para el factor sustrato, destacando el sustrato mezcla donde se tuvo 17.7 cm de tamaño de raíz, en comparación a solo 14.4 cm que se encontró en el sustrato tierra. Es evidente el efecto positivo que se logra con el sustrato mezcla, ya que la arena mejora sustancialmente la condición granulométrica, en tanto la materia orgánica aporta una mayor cantidad de nutrientes que influye directamente en el tamaño de las raíces.

Finalmente, para la variable materia seca de raíces, solo se tuvo diferencias significativas para los factores simples fracción y posición de plantación, destacando notoriamente -en el primer caso- la fracción 4 (pencas grandes) con 1.5 g de materia seca de raíces por planta frente a 1.2 g/planta y 0.7 g/planta para las fracciones 6 y 8, respectivamente.

En el caso del factor posición de plantación, con la posición horizontal se obtuvo 1.4 g de materia seca de raíces por planta frente a solo 0.9 g/planta en el caso de la posición de plantación vertical.

Conclusiones

Bajo un enfoque de generar técnicas que garanticen plantines sanos de tuna, y con las mejores condiciones para su establecimiento en campo, a la vez de minimizar gastos de transporte e inversión, se establecen las siguientes conclusiones:

- Los factores estudiados para la propagación de plantines de tuna (tipo de sustrato, tamaño de cladodio y posición de plantación), en mayor o menor grado, influyen en la tasa de propagación y por tanto se rechaza la hipótesis nula.

- En cuanto al sustrato, si bien no se detectaron diferencias significativas, es evidente una mayor tasa de multiplicación en el sustrato preparado. Sin embargo, en algunos parámetros (ancho de brote y puntos de emisión de raíces), destaca el sustrato base, es decir tierra del lugar, poniendo en evidencia la rusticidad de esta especie.
- La mayor tasa de multiplicación se logró con la interacción tamaño de fracción * posición de plantación, siendo la fracción cuatro y la posición vertical, la forma óptima para lograr un mayor grado de prendimiento, bajo las condiciones del ensayo.
- La materia seca de raíces tiene una relación directa con el prendimiento, favoreciendo la fracción 4 (trozos grandes) que mostró mayor cantidad de raíces.
- Si bien se ha encontrado respuestas significativas y tendencias consistentes para los diferentes factores evaluados a nivel de vivero, el comportamiento de los plantines en campo definitivo, será el cabal parámetro para confirmar los beneficios de las técnicas evaluadas en el presente ensayo.

Referencias citadas

- Álvarez J., Rodríguez S., Chacón E. 2007. Efecto de diferentes tamaños de esqueje y sustratos en la propagación de Romero (*Rosmarinus officinalis* L.). Tesis de grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. s/p.
- Arismendi L. 2001. Investigación sobre el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el Oriente de Venezuela. Revista. pp. 3.
- Flores C., De Luna J., Ramírez P. 1995. El mercado mundial de la tuna. Informe final. Programa Nopal del CIESTAAM de la Universidad de Chapingo, México. Autónoma Chapingo. **En:** tuna (*Opuntia ficus-indica*). pp 1.
- Iñiguez L. 2013. La problemática de la producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica y limitaciones para el cambio tecnológico. **En:** La producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica. Brasilia, DF. Embrapa. pp. 14.
- Mondragón-Jacobo C., Pimienta-Barrios E. 1999. Propagation. **In:** Agroecology cultivation and uses of cactus pear. FAO Plant Production and Protection. Paper 132. Rome. pp 68-69.
- Reynolds S., Jiménez E. 2003. El nopal (*Opuntia* sp.) como forraje. Estudio FAO producción y protección vegetal 169. México. pp. 6.
- Rosas X., Meneses I., Becerra E., Vásquez A. 2007. Efecto de la posición de estacas sobre el rendimiento de raíz de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Veracruz. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan. pp. 305.

Trabajo recibido el 1 de junio de 2017 - Trabajo aceptado el 8 de septiembre de 2017