



Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 4 (2): 271-283. Julio-Diciembre, 2013  
http://www.rvcta.org  
ISSN: 2218-4384 (versión en línea)  
© Asociación RVCTA, 2013. RIF: J-29910863-4. Depósito Legal: ppi201002CA3536.

Comunicación

## **Propagación vegetativa natural de *Opuntia boldinghii* Britton y Rose (Cactaceae)**

Natural vegetative propagation of *Opuntia boldinghii* Britton and Rose (Cactaceae)

Carlos Alberto **Padrón Pereira**

Asociación RVCTA. Avenida Andrés Bello N° 101-79, Sector La Pastora, Municipio Valencia,  
Estado Carabobo, C. P. 2001, Venezuela.

Correspondencia: carlospadron1@gmail.com

Aceptado 19-Diciembre-2013

### **Resumen**

Con miras a aportar información sobre el cactus *Opuntia boldinghii*, se condujo la propagación vegetativa natural de dos muestras de cladodios encontradas en condiciones precarias en un terreno frondoso en Valencia, Venezuela, de Marzo a Julio de 2012 en la Asociación RVCTA. Una muestra se plantó verticalmente (NodoOB) y la otra de forma horizontal (AréolaOB). Las muestras se propagaron vegetativamente de forma natural. El pequeño tamaño y las condiciones de los cladodios no afectaron el desarrollo. Los primeros brotes vegetativos surgieron a los 24 días en NodoOB y a los 18 días en AréolaOB; y respectivamente a los 107 y 95 días nuevos individuos ya estaban formados.

**Palabras claves:** aréola, cactáceas, cladodio, crecimiento, yema.

### **Abstract**

In order to provide information about the *Opuntia boldinghii* cactus, natural vegetative propagation of two samples of cladodes found in precarious conditions at leafy area, Valencia, Venezuela, was conducted. Samples were studied from March to July of 2012 at Asociación RVCTA. One sample was planted vertically (NodeOB) and another horizontally (AreoleOB). Natural vegetative propagation was obtained for two samples. The small size and conditions of cladodes did not affect the growth. The first vegetative shoots emerged at 24 days in NodeOB and at 18 days in AreoleOB; and respectively at 107 and 95 days new individuals were formed.

**Key words:** areole, bud, cactus plant, cladode, growth.

## INTRODUCCIÓN

En Venezuela, *Opuntia boldinghii* Britton y Rose (OB) es una cactácea sin aprovechamiento, que no presenta ningún estudio relacionado con su desarrollo en el agro, ningún modelo agrícola ni práctica de cultivo. La planta constituye una fuente de cladodios y frutos (Fig. 1) que reviste interés en la industria alimentaria, además de ofrecer un rol promotor de la salud.

Algunos estudios llevados a cabo en la Universidad Nacional Experimental “Simón Rodríguez” (Canoabo, Venezuela) demostraron que sus frutos contienen pigmentos betalaínicos (Viloria-Matos *et al.*, 2001) que se mantienen estables en procesos de liofilización (Viloria-Matos *et al.*, 2002) y pasteurización de bebidas cítricas (Moreno *et al.*, 2007, Padrón-Pereira y Moreno-Álvarez, 2010); en estas últimas, su incorporación en la elaboración ha cumplido, además, con el propósito de pigmentar (Moreno-Álvarez *et al.*, 2003). Asimismo, el aceite de sus semillas se ha considerado como posible agente nutracéutico (García-Pantaleón *et al.*, 2009). En relación a los cladodios, trabajos también realizados en la Institución citada evidenciaron que la harina contiene importantes contenidos de fibra y calcio (Padrón-Pereira *et al.*, 2009a) y se ha utilizado en la elaboración de productos de panadería como postres (Padrón-Pereira *et al.*, 2009b) y pan (Moreno-Álvarez *et al.*, 2009) cumpliendo un rol importante en la sustitución parcial de la harina de trigo.

En razón de lo expuesto y con miras a aportar información sobre el comportamiento de esta especie, promisorio para cultivo a campo, y tomando en cuenta que el uso de cámaras digitales creando nuevas oportunidades para la investigación en ecología vegetal y

ecofisiología se ha incrementado en años recientes (Graham, 2009), el objetivo de este trabajo fue conducir la propagación vegetativa natural de 2 muestras de cladodios de *Opuntia boldinghii* Britton y Rose encontradas en estado y condiciones precarias.



**Figura 1.-** Cladodios y frutos de *Opuntia boldinghii* Britton y Rose.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en la sede de la Asociación RVCTA, ubicada en la Ciudad de Valencia, Estado Carabobo, Venezuela (10° 10' 58" latitud norte, 68° 0' 38" longitud oeste); entre las fechas de Marzo a Julio de 2012.

## Muestras y antecedentes

En el año 2007, fueron recolectados para desarrollo de investigaciones, cladodios de *Opuntia boldingii* Britton y Rose en la Población de Guama, Sector Los Chucos (Estado Yaracuy, Venezuela). Uno de los cladodios (maduramente constituido) fue plantado verticalmente en un terreno ubicado en Valencia, Venezuela. Inicialmente, del cladodio se generaron brotes que produjeron nuevos cladodios. Con el transcurrir del tiempo, se observó crecimiento y aborto de cladodios elongados; el terreno se transformó a frondoso con plantas en competencia interespecífica por

la luz. Cinco años después (2012), se encontró bajo sombra, en el suelo, un corte de un cladodio de OB (con una raíz en el nodo). El cladodio cortado presentó un brote (Fig. 2). Doce días después, en el mismo terreno y bajo las mismas condiciones, se consiguió otra muestra de OB elongada (cladodio de longitud 5,9 cm y ancho 0,8 cm) que presentó una pequeña raíz en una de sus aréolas (apreciable con lupa de aumento 4X) (Fig. 3). Las muestras se rotularon como NodoOB y AréolaOB, respectivamente. No se encontraron más muestras, y el estado y condiciones de las halladas se consideró precario.



**Figura 2.-** Corte de cladodio de OB enraizado en el nodo y con brote (NodoOB).

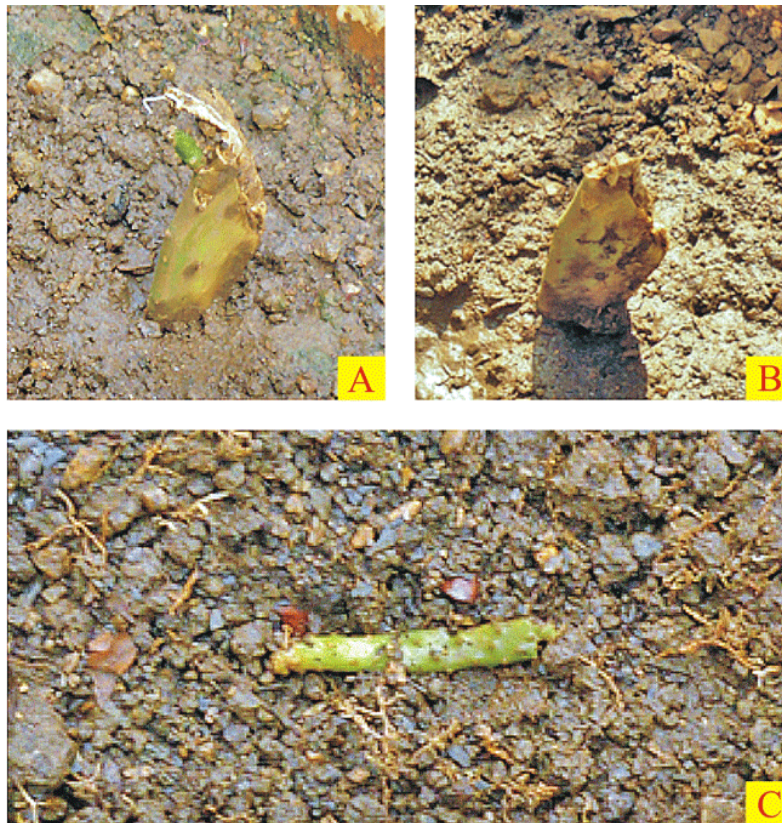


**Figura 3.-** Cladodio elongado de OB con aréola enraizada (AréolaOB).

Franck (2010) señala en el caso de *Opuntia ficus-indica*, que para propagar vegetativamente, los cladodios o “paletas” se someten a un periodo de “curado” de 15 a 20 días en un sitio seco y sombrío con el fin de cicatrizar cortes para luego plantar directamente en suelo seco, y cuando comienza a emerger raíces, se debe regar. Las muestras cumplían con el criterio anterior de “curado”. Fueron removidas y se plantaron en una maceta (con tierra del mismo lugar) inmediatamente (Figs.

4A y 4C) en un área con bastante exposición solar. NodoOB se plantó verticalmente y AréolaOB de manera horizontal. Se dejaron desarrollar naturalmente, sin abono o fertilizante, regadas eventualmente y sin protección especial. Al día siguiente, NodoOB fue atacado por algún animal que dañó el brote, ocasionando la pérdida (Fig. 4B).

Las experiencias se llevaron a cabo desde el 29-03 para NodoOB y 10-04 para AréolaOB, hasta el 14-07 de 2012 en ambos casos (107 y 95 días, respectivamente).



**Figura 4.-** Muestras plantadas de OB (A: NodoOB con brote. B: NodoOB sin brote. C: AréolaOB).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

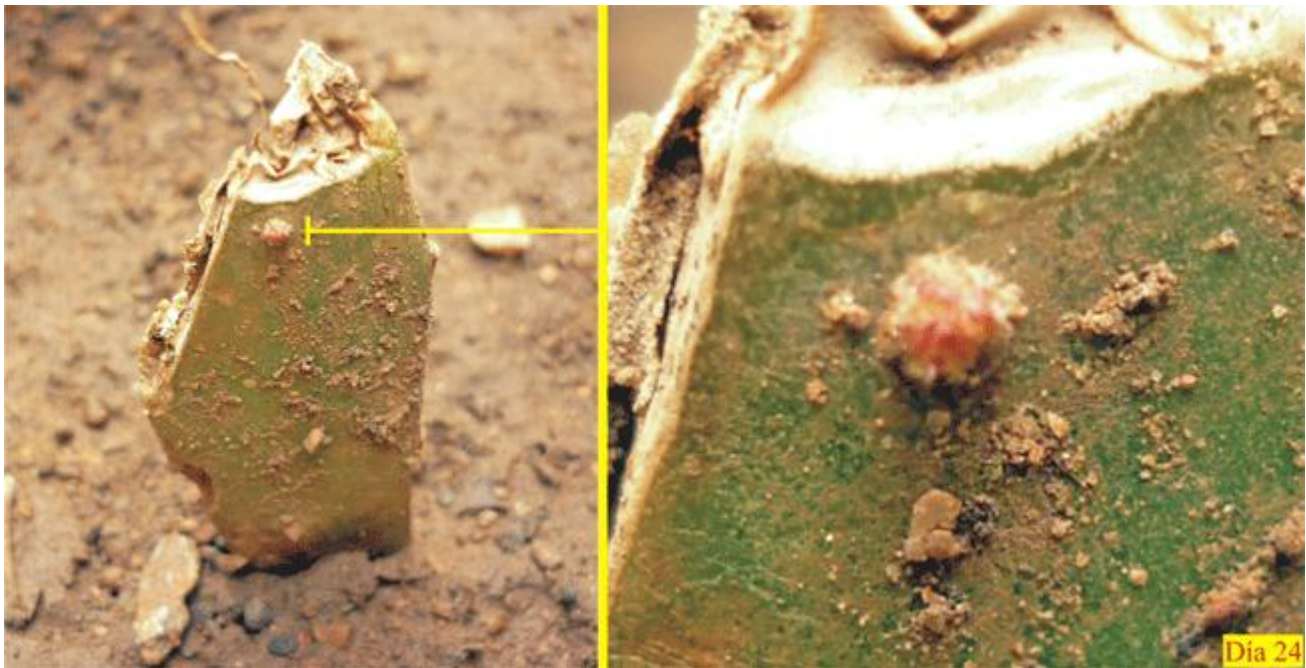
### Propagación de NodoOB

A los 24 días de plantado, el corte de cladodio de OB (NodoOB) presentó el primer brote vegetativo surgido de una aréola (Fig. 5). A partir de las aréolas se pueden originar ramas (cladodios) y flores (Rebman y Pinkava, 2001).

Los cactus poseen la habilidad de enraizar a partir de esquejes vegetativos. Si una porción de la planta se corta y cae al suelo, la pieza caída puede formar un callo en la superficie rota. Con el tiempo, las raíces saldrán de la superficie callosa (Gibson y Nobel, 1990). El proceso de enraizamiento ocurre poco

después del contacto con el suelo, y si bien, la humedad del suelo es importante, no es limitante para el enraizamiento, debido a que las raíces utilizan el agua almacenada en el cladodio (Mondragón-Jacobo *et al.*, 2003).

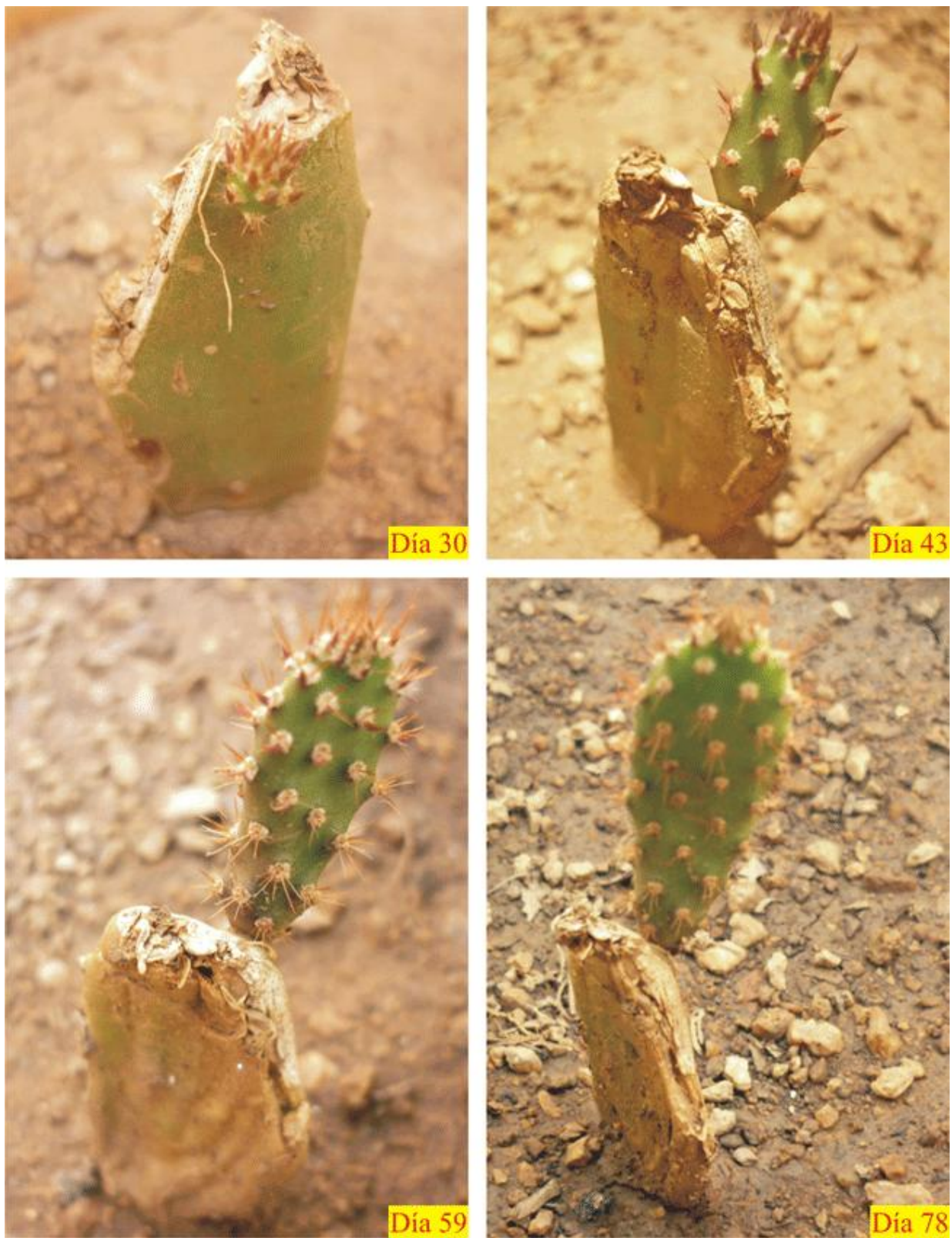
Mondragón-Jacobo *et al.* (2003) describen que si los cladodios son desprendidos de la planta madre, la zona de corte cicatriza y se suberiza, sellando los sitios de pérdida de humedad adicional. La liberación inmediata de mucílago por los tejidos heridos mejora y acelera la cicatrización. Una vez que se suberiza, cada pieza puede actuar como un propágulo independiente y el agua almacenada cubrirá las necesidades de transpiración, la formación de nuevas raíces y de brotes si se coloca en el suelo.



**Figura 5.-** Brote vegetativo en NodoOB.

En la Fig. 6 se observa el crecimiento del cladodio en NodoOB hasta el día 78. En el caso de plántulas de *Opuntia streptacantha*, estas crecen mejor bajo la sombra, aunque

pueden tolerar la sequía en espacios abiertos. Al respecto, hay interacciones complejas entre la sequía y la luz que promueven diferentes adaptaciones ecofisiológicas y anatómicas que



**Figura 6.-** Crecimiento de cladodio en NodoOB.

tienen consecuencias directas en el crecimiento de la plántula bajo plantas nodrizas o en espacios abiertos. Las variables ecofisiológicas son más importantes para las plantas de semillero de *O. streptacantha*, seguidas de las variables anatómicas y ambientales. Las respuestas ecofisiológicas son más sensibles a las condiciones ambientales, y estarían afectando principalmente respuestas anatómicas, pero al mismo tiempo, las variables anatómicas se ven afectadas en menor grado por condiciones ambientales que por variables ecofisiológicas (Delgado-Sánchez *et al.*, 2013). No obstante, la sombra y la competencia por el agua con las plantas nodrizas reduce notablemente el crecimiento y la magnitud de la reducción depende del tamaño y la ubicación debajo de la planta (Franco y Nobel, 1989). En

el caso presentado, *O. boldinghii* respondió mejor en espacio abierto con incidencia directa de luz solar y riego, que bajo sombra.

En la Fig. 7 se presenta el crecimiento del cladodio en NodoOB para los días 104 y 107, en este último día, (luego del desplante en la maceta) replantado en una parcela experimental. Las especies del género *Opuntia* tienen metabolismo ácido crasuláceo (MÁC, o CAM 'crassulacean acid metabolism'), poseen características anatómicas y fisiológicas que les permiten una mejor utilización del agua en relación a las plantas  $C_3$  y  $C_4$  debido a su comportamiento estomático particular y a la fijación del  $CO_2$  durante la noche (Silva *et al.*, 2001). Al respecto, Pimienta-Barrios *et al.* (2012) observaron que el incremento en ganancia de carbono en respuesta a la



**Figura 7.-** Crecimiento de cladodio en NodoOB.

disponibilidad de agua para cladodios jóvenes de *Opuntia ficus-indica*, bajo condiciones húmedas y secas, ocurre a través de la combinación de la absorción de CO<sub>2</sub> durante la noche (vía MÁC) y durante el día (vía C<sub>3</sub>), y que, la eficiencia en la fotosíntesis de cladodios jóvenes no se distanció de valores observados en cladodios maduros.

Winter *et al.* (2011) demostraron que cotiledones de *Opuntia elatior* Mill. inmediatamente después de desplegarse exhiben un patrón de intercambio de CO<sub>2</sub> del tipo C<sub>3</sub>, mientras que del tipo MÁC en esta etapa temprana de desarrollo no fue detectado, pero sí luego en cotiledones más desarrollados y en el primer cladodio desarrollado. Incluso, en plántulas bien regadas de altura mayor a 10 cm, la principal vía de fijación de carbono seguía siendo la vía C<sub>3</sub>. Una reducción en la disponibilidad de agua en el suelo conllevó a un alza en la fijación de CO<sub>2</sub> durante la noche e incremento en la acidez tisular, característico del MÁC facultativo. El componente C<sub>3</sub> y características del MÁC facultativas expresadas en las etapas tempranas de desarrollo de *O. elatior* contrastan con las de las plantas maduras, en las que el MÁC obligado es la

mayor vía de adquisición de carbono. Estas observaciones pueden contribuir con un crecimiento temprano de la especie. Sobre los 2 párrafos anteriores no existe ningún trabajo publicado relacionado con *O. boldinghii*.

### Propagación de AréolaOB

A los 18 días de plantado, en el cladodio de OB que presentó una pequeña raíz en una aréola (AréolaOB), aparecieron 2 brotes. Se notó una tendencia del cladodio a curvarse (Fig. 8). La orientación de los cladodios influye en la cantidad de radiación solar absorbida y la arquitectura resultante es predominantemente vertical (Drennan, 2009), aunque en contraposición, la mayoría de los cladodios de *Opuntia puberula* Pfeiffer tienen posición horizontal (Sortibrán *et al.*, 2005). La raíz de las cactáceas es semejante, por lo general, a la de otras dicotiledóneas, procede de la radícula del embrión y, en algunos casos, es adventicia (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978). Los brotes vegetativos surgieron de aréolas sin contacto con el suelo, como ha sido informado para especies de *Opuntia* (Reyes-Aguero *et al.*, 2005).



**Figura 8.-** Brotes vegetativos en AréolaOB.



En la Fig. 9 se aprecia el desarrollo de los mismos para el día 31 y fue observado que la planta inició el descarte de uno de los 2 brotes. Las aréolas, yemas homólogas a las yemas axilares de otras dicotiledóneas, pueden producir hojas reducidas, brotes, flores, nuevos tallos y además espinas, glóquidas, cerdas, pelos o lana, y a veces raíces adventicias (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978). En la misma figura se muestra el desarrollo del brote en AréolaOB para los días 47 y 66. Un cladodio puede sostener la pérdida de agua hasta 6 meses sin perder viabilidad si se encuentra almacenado en un sitio sombreado y

seco; y, siempre y cuando exista una aréola por ambos lados de la fracción de la penca o cladodio, se puede formar una planta (Mondragón-Jacobo *et al.*, 2003). La observación-aseveración de los últimos autores citados aplicó, según el caso, para las 2 muestras de *O. boldinghii*.

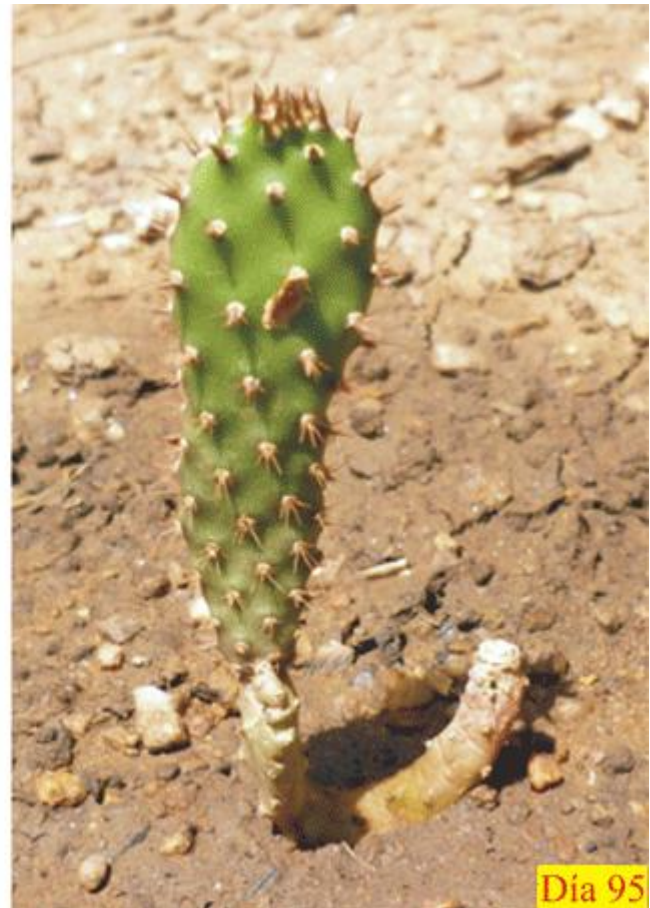
En cladodios, las raíces adventicias se desarrollan a partir de aréolas que están en contacto con el suelo, lo que permite su arraigo y la absorción de agua y nutrientes. Posteriormente comienza el surgimiento de brotes vegetativos a partir de aréolas sin contacto con el suelo, que generan un nuevo individuo (Reyes-Agüero *et al.*, 2005).



Figura 9.- Brotes vegetativos y crecimiento en AréolaOB.

En la Fig. 10 se presenta el crecimiento del cladodio en AréolaOB para los días 92 y 95, en este último día, (luego del desplante en la maceta) replantado en una parcela experimen-

tal. En el caso presentado, *O. boldinghii* también respondió mejor en espacio abierto con incidencia directa de luz solar y riego, que bajo sombra.



**Figura 10.-** Crecimiento de cladodio en AréolaOB.

Es de hacer notar, que tanto para NodoOB como para AréolaOB, el pequeño tamaño de las muestras no afectó la capacidad de formar raíces tal como señalan Mondragón-Jacobo *et al.* (2003), para posteriormente formar nuevos individuos.

Singh y Singh (2003) han informado que el tamaño de cladodios plantados afecta significativamente el número de cladodios formados por planta, al igual que las interacciones entre el tamaño, edad y métodos

de plantación. Asimismo, la formación de más cladodios por planta posiblemente pueda deberse a la presencia de un mayor número de aréolas activas. También señalan que a menor tamaño (anchura) de cladodios plantados, la tasa de crecimiento relativo disminuye, y en el caso contrario, aumenta, probablemente debido a raíces más vigorosas y la acumulación relativa de más fotosintatos.

Las características del crecimiento inicial (en ambiente controlado) de cladodios

(brotes) de *Opuntia ficus indica*, creciendo sobre cladodios (basales) maduros de longitud aproximada de 30 cm han sido descritas por North *et al.* (1995). La longitud, luego del surgimiento, se incrementa ligeramente los primeros 10 días, después rápidamente de 10 a 30 días y posteriormente pequeños cambios en longitud acontecen.

Múltiples estrategias morfológicas y fisiológicas aparentemente permiten a los cactus sobrevivir a temperaturas extremas, incluyendo las que ocurren durante condiciones

climáticas cambiantes (Zutta *et al.*, 2011), que involucran respuestas a factores físicos como la temperatura del aire, humedad relativa, precipitaciones, velocidad del viento y radiación solar, entre otros relacionados con la biología medioambiental (Nobel, 2003).

Cabe mostrar el desarrollo de las 2 plantas transcurridos más de 600 días (Fig. 11). De la especie *O. boldinghii*, considerables investigaciones relacionadas con el agro y otro campos o áreas relacionadas son requeridas.



Figura 11.- Plantas de *Opuntia boldinghii* Britton y Rose.

## CONCLUSIÓN

Las muestras de cladodios de *Opuntia boldinghii* Britton y Rose, en estado y condiciones precarias encontradas, plantadas de forma vertical y horizontal sin suministro de abono o fertilizante ni protección especial, solo agua eventualmente y exposición al sol, se

propagaron vegetativamente desarrollándose de forma natural, dando origen a nuevos individuos.

## AGRADECIMIENTO

El autor agradece a la Asociación RVCTA, el apoyo de diversas formas brindado para el desarrollo del trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bravo-Hollis, Helia y Sánchez-Mejorada R., Hernando. 1978. Las cactáceas de México. Vol. 1. (2da. ed.). México, D. F.: Dirección General de Publicaciones, Universidad Nacional Autónoma de México. 743 p.
- Delgado-Sánchez, Pablo; Yáñez-Espinosa, Laura; Jiménez-Bremont, Juan Francisco; Chapa-Vargas, Leonardo and Flores, Joel. 2013. Ecophysiological and anatomical mechanisms behind the nurse effect: which are more important? a multivariate approach for cactus seedlings. PLoS One. 8(11):e81513.
- Drennan, Philippa M. 2009. Temperature influences on plant species of arid and semi-arid regions with emphasis on CAM succulents. In Perspectives in biophysical plant ecophysiology. A tribute to Park S. Nobel. (pp. 57-94). México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Franck, Nicolás. 2010. Perspectivas de la tecnificación del cultivo de la tuna. Informativo INIA Ururi. N° 21. 4 p.
- Franco, A.C. and Nobel, P.S. 1989. Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. Journal of Ecology. 77(3):870-886.
- García-Pantaleón, D.M.; Flores-Ortiz, M.; Moreno-Álvarez, M.J.; Belén-Camacho, D.R.; Medina-Martínez, C.A.; Ojeda-Escalona, C.E. and Padrón-Pereira, C.A. 2009. Chemical, biochemical and fatty acids composition of seeds of *Opuntia boldinghii* Britton *et* Rose. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 11:45-52.
- Gibson, Arthur C. and Nobel, Park S. 1990. The cactus primer. Cambridge, Massachusetts-London, England: Harvard University Press. pp. 5.
- Graham, Eric A. 2009. The use of digital cameras in plant ecology and ecophysiology. In Perspectives in biophysical plant ecophysiology. A tribute to Park S. Nobel. (pp. 283-299). México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mondragón-Jacobo, Candelario; Méndez-Gallegos, Santiago de J. y Olmos-Oropeza, Genaro. 2003. El cultivo de *Opuntia* para la producción de forraje: de la reforestación al cultivo hidropónico. En El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. (pp. 130-131). Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. N° 169.
- Moreno, Mario; Betancourt, María; Pitre, Alberto; García, David; Belén, Douglas y Medina, Carlos. 2007. Evaluación de la estabilidad de bebidas cítricas acondicionadas con dos fuentes naturales de betalainas: tuna y remolacha. Bioagro. 19(3):149-159.
- Moreno-Álvarez, M.J.; Hernández, R.; Belén-Camacho, D.R.; Medina-Martínez, C.A.; Ojeda-Escalona, C.E. and García-Pantaleón, D.M. 2009. Making of bakery products using composite flours: wheat and cactus pear (*Opuntia boldinghii* Britton *et* Rose) stems (cladodes). Journal of the Professional Association for Cactus Development. 11:78-87.
- Moreno-Álvarez, Mario José; Medina, Carlos; Antón, Lilibeth, García, David y Belén Camacho, Douglas Rafael. 2003. Uso de pulpa de tuna (*Opuntia boldinghii*) en la elaboración de bebidas cítricas pigmentadas. Interciencia. 28(9):539-543.
- Nobel, Park S. 2003. Environmental biology of agaves and cacti. United Kingdom: Cambridge University Press. pp. 1.
- North, Gretchen B.; Moore, T. Lin and Nobel, Park, S. 1995. Cladode development for *Opuntia ficus indica* (Cactaceae) under current and doubled CO<sub>2</sub> concentrations. American Journal of Botany. 82(2):159-166.
- Padrón-Pereira, C.; Aguirre-Oliveros, C. y Moreno-Álvarez, M. 2009b. Influencia de la sustitución parcial de harina de trigo

- con harinas de cladodios de cactus (*Opuntia boldinghii* Britton & Rose) integral e hidrolizada enzimáticamente como fuente de fibra en postres tipo ponquecitos. Revista Tecnológica ESPOL. 22(1):63-71.
- Padrón-Pereira, C.A.; Moreno-Álvarez, M.J.; Medina-Martínez, C. A. and García-Pantaleón, D.M. 2009a. Obtention of enzymatically hydrolyzed product from cactus (*Opuntia boldinghii* Britton and Rose) cladodes whole flour. Pakistan Journal of Nutrition. 8(4):459-468.
- Padrón-Pereira, Carlos Alberto y Moreno-Álvarez, Mario José. 2010. Evaluación del uso de enzimas y filtración por gravedad para la clarificación de una mezcla diluida de pulpa de frutos de cactus (*Opuntia boldinghii* Britton & Rose), jugos de naranja y toronja. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. 63(1):5429-5439.
- Pimienta-Barrios, Eulogio; Zañudo-Hernández, Julia; Muñoz-Urias, Alejandro and Robles-Murguía, Celia. 2012. Ecophysiology of young stems (cladodes) of *Opuntia ficus-indica* in wet and dry conditions. Gayana Botanica. 69(2):232-239.
- Rebman, Jon P. and Pinkava, Donald J. 2001. *Opuntia* cacti of North America – an overview. Florida Entomologist. 84(4):474-483.
- Reyes-Agüero, J. Antonio; Aguirre-Rivera, J. Rogelio y Hernández, Héctor M. 2005. Notas sistemáticas y una descripción detallada de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae). Agrociencia. 39(4):395-408.
- Silva, Herman; Acevedo, Edmundo y Silva, Paola. 2001. Anatomía del tejido fotosintético de diez taxa de *Opuntia* establecidos en el secano árido mediterráneo de Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 74(2):341-351.
- Singh, R.S. and Singh, Vijai. 2003. Growth and development influenced by size, age, and planting methods of cladodes in cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). Journal of the Professional Association for Cactus Development. 5:47-54.
- Sortibrán, Lugi; Tinoco-Ojanguren, Clara; Terrazas, Teresa and Valiente-Banuet, Alfonso. 2005. Does cladode inclination restrict microhabitat distribution for *Opuntia puberula* (Cactaceae) ?. American Journal of Botany. 92(4):700-708.
- Viloria-Matos, A.; Corbelli-Moreno, D.; Moreno-Álvarez, M.J y Belén-C., D.R. 2002. Estabilidad de betalainas en pulpa de tuna (*Opuntia boldinghii* Br. et R.) sometidas a un proceso de liofilización. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 19(4):324-331.
- Viloria-Matos, A.; Moreno-Álvarez, M.J. e Hidalgo-Báez, E. 2001. Isolation and identification of betacyanin from fruits of *Opuntia boldinghii* Br. et R. by HPTLC. Ciencia y Tecnología Alimentaria. 3(3):140-143.
- Winter, Klaus; Garcia, Milton and Holtum, Joseph A.M. 2011. Drought-stress-induced up-regulation of CAM in seedlings of a tropical cactus, *Opuntia elatior*, operating predominantly in the C<sub>3</sub> mode. Journal of Experimental Botany. 62(11):4037-4042.
- Zutta, Brian R.; Nobel, Park S.; Aramians, Alenoush M. and Sahaghian, Arineh. 2011. Low- and high-temperature tolerance and acclimation for chlorenchyma versus meristem of the cultivated cacti *Nopalea cochenillifera*, *Opuntia robusta*, and *Selenicereus megalanthus*. Journal of Botany. Article ID 347168. 6 p.