ISBN 970-27-1045-6

RECLUTAMIENTO SEXUAL Y ASEXUAL Y SUS POSIBLES INTERACCIONES EN EL ESTABLECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE *Opuntia spp.*

Alma Rubí García González, Laura Izascum Pérez Valencia, Francisco Martín Huerta Martínez, Cecilia Neri Luna, Alejandro Muñoz Urias*.

Departamento de Ecolgia
Email: almunoz@cucba.udg.mx

Introducción

El género *Opuntia* se caracteriza por reproducirse vía asexual y sexual como estrategia para el mantenimiento de las poblaciones, la reproducción asexual puede ocurrir por apomixis vegetativa o agamospermia, la apomixis consiste en la abscisión de cladodios flores o frutos que enraízan bajo condiciones ambientales adecuadas, mientras que la agamospermia se forman semillas sin fecundación.

La reproducción vegetativa tienen mayores probabilidades de sobrevivir y sus tasas de crecimiento son altas que la reproducción por semillas, por lo cual, se pueden establecer poblaciones rápidamente sobre todo en áreas descubiertas de vegetación observándose que en ambientes altamente estresantes el reclutamiento por esta vía es mayor que por reproducción sexual (Palleiro *et al.*, 2006).

Por otro lado, la germinación de semillas y sobrevivencia de las plántulas de cactos en condiciones naturales muestran que la presencia de plantas perennes es necesaria para el reclutamiento de nuevos individuos (Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991). Bajo las estresantes condiciones que prevalecen en los desiertos, las plantas nodriza perennes funcionan como islas debido a que presentan condiciones físicas o bióticas que favorecen el establecimiento de las plántulas. Las plantas nodrizas decrecen el contraste entre las temperaturas máximas y mínimas del suelo, proveen protección contra los depredadores, incrementan la disponibilidad de nutrientes bajo sus doseles y proveen un ambiente sombreado que reduce sustancialmente la evapotranspiración (Nobel, 1989).

En las zonas semiáridas del norte de Jalisco existen afloramientos rocosos donde las plantas se establecen en grietas y oquedades entre las piedras, en estas zonas la disponibilidad de agua y nutrientes es baja en tiempo y en espacio en comparación a los suelos aluviales que rodean a los afloramientos rocosos (Pimienta-Barrios *et al.,* 2003).

Debido a las diferencias en condiciones ambientales que existen entre el Afloramiento Rocoso y los suelos aluviales, es posible encontrar mayor reclutamiento por propagación vegetativa que por reproducción sexual además es probable encontrar mayor número de plántulas que se estén desarrollando asociadas con plantas perennes.

En el presente trabajo se evaluó el reclutamiento vía sexual y asexual (cladodios enraizados) en tres ambientes diferentes: el afloramiento rocoso, zonas aluviales sin pendiente que rodea a los afloramientos rocosos (matriz) y en las pendientes de los afloramientos rocosos que están constituidas por suelos aluviales (pendiente) con la

finalidad de determinar la frecuencia de la reproducción sexual en diferentes condiciones con respecto al ambiente y determinar las posibles nodrizas, que contribuyen al repoblamiento de *Opuntia spp*.

Materiales y métodos

Área de Estudio

El sitio de estudio se encuentra cerca de la localidad de El Rayo, Zacatecas (21° 58' N , 101° 35' W) y 2190 msnm. Este sitio se encuentra en la esquina suroeste del Desierto Chihuahuense en la región conocida como el Altiplano Potosino Zacatecano (Medellín-Leal, 1982). La precipitación pluvial anual es de 500 mm y ocurren principalmente es en verano, el promedio de temperatura anual es de los 16 a 18° C. (Pimienta-Barrios, *et al.,* 2003). Y se encuentra creciendo de manera simpátrica las siguientes especies de nopal *Opuntia streptacantha, O. rastrera, O. robusta, O. joconostle, O. leucotricha* y *O. cantabrigiensis*.

Frecuencia de propágulos originados por reproducción sexual y asexual.

Se llevaron a cabo 36 parcelas rectangulares de 60 m^2 cada una, de estas se distribuyeron 12 en el afloramiento rocoso, 12 en la pendiente y 12 en la matriz, para registrar la densidad de plántulas y pencas enraizadas de cualquiera de las especies que crecen en esta área. Posteriormente se aplicó la prueba de Mann-Whitney para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de reproducción, además se llevó a cabo la prueba de Kruskall- Wallis para ver si existen diferencias entre los diferentes ambientes.

Evaluación de las posibles nodrizas, que contribuyen al repoblamiento *Opuntia spp*

Se establecieron 9 parcelas rectangulares de 30 m^2, (3 parcelas rectangulares de en cada uno de los sitios mencionados), en cada una de estas parcelas se registró la cobertura cada una de las especies y la cobertura de las rocas por sitio, con la finalidad de calcular la cobertura relativa de las posibles especies nodrizas. Por otro lado, se registraron 280 plántulas del género *Opuntia* dentro del Afloramiento Rocoso (100), en los suelos aluviales sin pendiente (80); y en los suelos aluviales con pendiente (100) todas las plántulas registradas fueron menores de 30 cm, con tallos redondos y con bastantes espinas ya que estas características son típicas de las plántulas provenientes de la reproducción sexual). Además, se determinó si están creciendo en claros de vegetación, junto a rocas o bajo el dosel de alguna planta perenne.

Con los datos de cobertura de la vegetación se calculó la cobertura relativa para ponderar el número de plántulas esperadas creciendo de bajo del dosel de las plantas, en caso de que estas se distribuyan al azar, para tal efecto se multiplicó la cobertura relativa por el total de plántulas y se compararon por medio de la prueba de X^2 con los datos observados (de Viana *et al*., 2001).

Registro de plántulas y su posible nodriza

Se registró la altura y cobertura de al menos 280 plántulas del género *Opuntia* dentro del Afloramiento Rocoso (100), en los suelos aluviales sin pendiente (80); y en los suelos

aluviales con pendiente (100) además se determinó si están creciendo en claros de vegetación, junto a rocas o bajo el dosel de alguna planta perenne y la cobertura de éstas.

Resultados

Frecuencia de propágulos originados por reproducción sexual y asexual

El reclutamiento de plántulas de nopal en el área de estudio predominantemente es por vía asexual ya que en las tres condiciones ambientales se observa que existen diferencias estadísticamente significativas según la prueba de U de Mann Whitney entre la reproducción sexual y la propagación vegetativa (Tabla 1), destacando que en el afloramiento rocoso existe una relación plántula:propágulo de 1:10, en la matríz 1:40 y en la pendiente 1:2.

Tabla 1. Comparación entre la reproducción sexual y asexual en *Opuntia* bajo diferentes condiciones con respecto al sustrato

Sitio	Reproducción sexual (Ind ha^{-1})	Propagación vegetativa (Ind ha^{-1})	U Mann Whitney
Afloramiento rocoso	97±194	986±726	P=0.003
Matriz	41±103	1680±1162	P<0.001
Pendiente	1069±746	2152±1202	P=0.013

12 parcelas por sitio de 60 m^2, (promedio±desviación estándar)

El reclutamiento de las especies por vía sexual varió entre los diferentes ambientes, encontrándose diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Kruskal-Wallis (p<0.001), la pendiente del afloramiento rocoso es el sitio con mayor densidad de plántulas (1069 ind ha^{-1}) y los ambientes con menor densidad fueron el afloramiento rocoso y la matriz (97 y 41 ind ha^{-1} respectivamente). Por otro lado, la densidad de cladodios enraizados varió de 2152 a 986 ind ha^{-1}, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas según la prueba de Kruskal-Wallis (p=0.064) (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación entre la reproducción sexual y asexual en *Opuntia* bajo diferentes condiciones con respecto al sustrato

Sitio	Plántulas (Ind ha^{-1})		Cladodios Enraizados (Ind ha-1)	
Pendiente	1069±746	a*	2152±1202 a	a
Afloramiento rocoso	97±194	b	986±726 a	a
Matriz	41±103	b	1680±1162 a	a

12 parcelas por sitio de 60 m^2, (promedio±desviación estándar)
*Medidas con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba SNK

Determinación de las posibles nodrizas, que contribuyen al repoblamiento *Opuntia spp.*

En el afloramiento rocoso se observaron 17 posibles condiciones en las que se desarrollan las plántulas de *Opuntia* de las cuales una es el establecimiento "junto a rocas" y la otra creciendo fuera del dosel de cualquier planta, que en la tabla es descrito como "suelo desnudo", el resto de las condiciones implican crecer bajo el dosel de alguna de las 15 especies de plantas. En 8 especies (*Agave filifera, Asclepia linaria, Coryphantha corniphera, Ferocactus hystrix, Opuntia joconostle y Opuntia robusta*) se encontró que el número de las plántulas de *Opuntia* que se esperaría encontrar corresponden a la distribución al azar, mientras que en *Acacia schaffneri* y roca se observó menos individuos que los esperados en una distribución al azar y en *Ferocactus latispinus, Haplopappus venetus, Jatropha dioica, Opuntia leucotricha, Senecio praecox* se observó mayor número de plántulas creciendo de los que se esperarían si las plantas estuvieran distribuidas al azar (Tabla 3).

Tabla 3. Frecuencias observadas y esperadas de plántulas creciendo bajo doseles en el afloramiento rocoso

AFLORAMIENTO ROCOSO PARTE	Cobertura relativa	Esp.	Obs.	X^2	Nivel de sig.
Acacia schaffneri	0.1108	10.30	0	10.30	ns
Agave filifera	0.0112	1.044	1	$1.83x10^{-3}$	**
Asclepia linaria	0.0030	0.285	1	1.79	**
Coryphantha corniphera	$1.39x10^{-4}$	0.013	0	0.01	**
Ferocactus latispinus	$8.38x10^{-5}$	$8x10^{-3}$	1	126.21	ns
Ferocactus hystrix	$8.\ 38x10^{-5}$	$8x10^{-3}$	0	$7.79x10^{-3}$	**
Haplopappus venetus	0.0117	1.08	12	109.28	ns
Helecho	$4.27x10^{-4}$	0.04	0	$3.9x10^{-2}$	**
Jatropha dioica	0.256	23.85	38	8.39	ns
Opuntia joconostle	0.029	2.76	4	0.54	**
Opuntia leucotricha	0.017	1.65	5	6.75	ns
Opuntia robusta	0.021	2.02	0	2.02	**
Senecio praecox	0.008	0.80	4	12.65	ns
Stenocactus dichrocanthus	$6.6079x10^{-4}$	0.06	0	0.06	**
Yucca filifera	$9.5531x10^{-4}$	0.08	1	9.34	ns
SUELO DESNUDO	0.052	4.90	12	10.25	ns
ROCA	0.473	44.0	14	20.49	ns

ns= no significativo, *= significativo al 95 % y ** significativo al 99%

En la matriz, solo se observan 13 condiciones, de las cuales helecho, *Jatropha dioica, Mimosa* sp, *Opuntia joconostle, Opuntia robusta, Opuntia streptacantha, Senecio praecox*, se observa que el patrón de establecimiento de las plántulas es al azar mientras que *en Acacia schaffneri, Haplopappus venetus, Opuntia leucotricha, Opuntia rastrera* y en una compuesta ,se observa mayor número de plantas creciendo bajo los doseles que los esperados al azar y en suelo desnudo existen menos plántulas que las esperadas si la distribución de las plantas fuera al azar (Tabla 4).

Tabla 4. Frecuencias observadas y esperadas de plántulas creciendo bajo doseles en la matriz

MATRIZ	**cobertura relativa**	**Esp.**	**Obs.**	**X^2**	**Nivel de Sig.**
Acacia schaffneri	$4.2x10^{-3}$	0.343	4	38.89	ns
Haplopappus venetus	$1.96x10^{-2}$	1.570	7	18.77	ns
helecho	$4.9x10^{-5}$	$3.9x10^{-3}$	0	$3.9x10^{-3}$	**
Jatropha dioica	0.303	24.286	36	5.64	*
Mimosa sp	$1.84x10^{-5}$	1.4752	4	4.32	*
Opuntia joconostle	$2.34x10^{-2}$	1.878	3	0.66	**
Opuntia leucotricha	$9x10^{-4}$	0.073	4	208.80	ns
Opuntia robusta	$1.05x10^{-2}$	0.847	0	0.84	**
Opuntia streptacantha	$6x10^{-4}$	$4.9x10^{-2}$	0	0.05	**
Opuntia rastrera	$1x10^{-5}$	0.0008	1	1248	ns
Senecio praecox	0.025	2.00	1	0.50	**
compositae	$1x10^{-5}$	$8x10^{-4}$	2	4996	ns
suelo desnudo	0.593	47.47	18	18.30	ns

ns= no significativo, *= significativo al 95 % y ** significativo al 99%

Discusión

En las diferentes condiciones ambientales (afloramiento, pendiente y matriz) se observa que existen las estrategias de repoblamiento sexual y asexual, esta última fue siempre por fragmentación de cladodios. Por otro lado, en los tres ambientes la reproducción asexual siempre fue mayor que la sexual, estos resultados son similares a los reportados por Palleiro *et al.*, 2006. La reproducción asexual no muestra diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes condiciones debido a que los cladodios son más tolerantes a las diferentes condiciones ambientales (Miao *et al.*, 1998). Sin embargo, el reclutamiento por semillas varió en las tres diferentes condiciones siendo mayor en las pendientes que bordean al afloramiento rocoso. La relación plántula:propágulo en cada uno de los sitios es diferente; en el afloramiento rocoso hay una relación de 1:10, en la matriz es 1:40 y en la pendiente es de 1:2.

Esta diferencia en la relación pántula:propágulo, puede tener consecuencias sobre los sistemas de cruzamiento puesto que si existieran plantas autoincompatibles estas formarían pocos frutos y semillas, debido a que se incrementan las probabilidades de cruzarse con sus propios clones. Por otro lado, en el caso de las especies autocompatibles como *O. streptacantha* (Rosas-Ceja, 1984), se incrementará la homocigosis y en caso de detener genes deletreos recesivos posiblemente ocurra depresión por endogamia.

Con respecto al nodrizaje de las plántulas, se observa que en las condiciones "suelo desnudo" y "junto a rocas" existen menos plantas de las que debe haber si el establecimiento de las plántulas tuviera una distribución al azar. Además, se observa que existen más plántulas que las esperadas por distribución al azar, bajo el dosel de *Jatropha dioica y Haplopappus venetus* estos resultados pueden evidenciar la existencia de nodrizaje. Sin embargo, falta determinar si este efecto no esta relacionado por la dispersión de las semillas.

Si el fenómeno del nodrizaje ocurre en *Opuntia* puede ser diferente al registrado en *Neobuxbaumia tetetzo* y *Mimosa luisana* ya que existe una asociación directa entre ambas especies, no obstante, en *Opuntia* la asociación puede no ser tan específica con alguna especie en particular y las relaciones positivas entre especies puede ser semejante a *Trichocereus pasacana*, en el que existen varias especies que funcionan como nodriza (de Viana *et al.,* 2001).

Literatura citada

de Viana M.L., S. Sühring and B.F.J. Manly. 2001. Application of randomization methods to study the association of Trichocereus pasacana (Cactaceae) with potential nurse plants. Plant ecology 156: 193-197.

Medellín-Leal F. 1982. The Chihuahuan Desert. In: Bender GL (ed.) Reference Hanbook on the Deserts of North America. Westport: Greenwood Press, 321-381.

Miao, S.L., L. Kong, b. Lorenzen and R.R. Johnson. 1998. Versatile modes of propation in *Cladium jamaicense* in the Florida Everglades. Annals of Botany. 82:285-290.

Nobel, P.S. 1989. Temperature, water availability, and nutrient levels at various soil depths: Consequences for shallow-rooted desert succulents, including nurse plant effects. American. Journal of Botany. 76: 1486–1489.

Palleiro, N., M.C. Mandujano and J. Golubov. 2006. Aborted fruits of Opuntia microdasys (Cactaceae): insurance against reproductive failure. American Journal of Botany. 93(4):505-511.

Pimienta-Barrios E., M.E. González de Castillo-Aranda, A. Muñoz-Urias and P.S. Nobel. 2003. Effects of benomyl and drought on the mycorrhizal development and daily net CO_2 uptake of a wild platyopuntia in rocky semi-arid environment. Annals of Botany 92:239-245.

Rosas Ceja, M.P. 1984. Polinización y fase progámica en Opuntia spp. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. 76 p.

Valiente-Banuet, A. and E. Ezcurra. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacán Valley, Mexico. Journal of Ecololgy. 79: 961–971.