

Características in situ y de propagación de seis especies arbustivas utilizadas como plantas nodrizas en la región occidental de Guatemala

José V. Martínez-Arévalo*

Subárea de Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

*Autor al que se dirige la correspondencia: josevm2000@yahoo.com

Recibido: 24 de abril 2015 / Revisión: 30 de julio 2015 / Aceptado: 24 de Agosto 2015 / Disponible en línea: 16 de noviembre 2015

Resumen

En la restauración de ecosistemas, una técnica es utilizar arbustos de la sucesión como nodriza. En la parte alta de San Marcos, Guatemala, se ha recurrido al menos a seis de ellos en el establecimiento de pino y pinabete: arrayán (*Baccharis vaccinioides* Kunth), salvia (*Buddleia megalcephala* Donn. Sm.), mozote (*Acaena elongata* L.), chicajol (*Stevia polycephala* Bertol), mora (*Rubus trilobus* Ser.) y malacate (*Symphoricarpos microphyllus* Kunth). Se carece de la documentación de su comportamiento y características que puedan servir para utilizarlas ampliamente como plantas protectoras. En esta investigación se estudiaron características in situ y reproductivas de estas especies. Entre los principales resultados está que la altura de plantas es de 1.17 a 2.64 m y cobertura de 0.34 a 2.77 m², con una amplia variación entre y dentro de especies. La cantidad de frutos/planta va desde 90 en *S. microphyllus* a 59,400 en *B. vaccinioides*. La propagación vegetativa en campo estuvo entre 48 a 92%, mayor que cuando se realizó en vivero, donde *B. vaccinioides*, *S. microphyllus* y *R. trilobus* tuvieron mejor respuesta. La propagación por semilla muestra que las seis especies pueden reproducirse adecuadamente. Estos resultados permiten su reproducción en viveros para su uso en restauración ecológica.

Palabras claves: Arrayán, restauración, *Abies guatemalensis*, propagación vegetativa, propagación por semilla

Abstract

In the restoration of ecosystems, one technique is to use shrubs of succession as nurse plants. In the highlands of San Marcos, Guatemala, at least six of these shrubs have been used in the establishment of pine and fir: arrayán (*Baccharis vaccinioides* Kunth), salvia (*Buddleia megalcephala* Donn Sm.), mozote (*Acaena elongata* L.) chicajol (*Stevia polycephala* Bertol), mora (*Rubus trilobus* Ser.) and malacate (*Symphoricarpos microphyllus* Kunth). There is a lack of documentation about their behavior and their characteristics that may make them useful to serve as protective plants. In this research *in situ* and reproductive characteristics of these species was studied. The main results reveal that the plants' height is 1.17 to 2.64 m and have a coverage of 0.34 to 2.77 m², with a wide variation between and within species. The amount of fruit per plant ranges from 90 in *S. microphyllus* to 59,400 in *B. vaccinioides*. Vegetative propagation in the field was 48-92% higher than when it was performed in a nursery, where *B. vaccinioides*, *S. microphyllus* and *R. trilobus* had better responses. Seed propagation shows that the six species can adequately reproduce. These results may allow for reproduction in nurseries to be used in ecological restoration.

Keywords: Myrtle, restoration, *Abies guatemalensis*, vegetative propagation, propagation by seed



Introducción

En ambientes poco favorables, el establecimiento de especies de árboles está supeditado en un alto porcentaje a plantas arbustivas que actúan como protectoras. Esta relación se produce cuando hay plantas que sirven de resguardo llamadas nodrizas y otras que reciben los beneficios llamadas protegidas o facilitadas (Valladares, Aranda, & Sánchez-Gómez, 2004; Valladares & Gianoli, 2007). De una manera amplia, el nodricismo es una combinación de competencia y facilitación, en función de las condiciones climáticas y bióticas (Eränen & Kozlov, 2007), o bien que al menos al inicio existe facilitación, que posteriormente puede convertirse en competencia, según indican Dong-Liang, Gen-Xuan, Bao-Ming y Xiao-Ping (2006). Complementando estas ideas Maestre y Cortina (2004) mostraron que cuando hay niveles elevados de estrés el efecto negativo de la competencia supera al efecto positivo, esto puede interpretarse como que las plantas nodrizas no son capaces de mejorar suficientemente el entorno ambiental bajo condiciones tan extremas. Es importante señalar que varios estudios exponen que el resultado de las interacciones dependerá del efecto de la nodriza sobre la disponibilidad de recursos, por ejemplo luz o temperatura y las tolerancias relativas de las especies facilitadas, es decir tolerancia a la sombra, sequía o al frío, lo que hace reflexionar que la respuesta nodriza-protégida no es lineal y que en realidad, la relación es producto de la facilitación y competencia (Malkinson & Tielbörger, 2010).

En la parte alta de San Marcos, el establecimiento del pinabete *Abies guatemalensis* Rehder y varias especies de pinos, ha fracasado por medio de reforestaciones convencionales, ya que la ocurrencia de heladas entre los meses de noviembre a marzo provocan la muerte de la mayor cantidad de plantas, lo cual puede notarse visualmente y se estima un 20% de prendimiento después de un año; por lo que ahora se busca aprovechar las etapas tempranas de sucesión, donde hay establecidas especies arbustivas como el arrayán (*Baccharis vaccinioides* Kunth), salvia (*Buddleia megaloccephala* Donn. Sm.), mozote (*Acaena elongata* L.), chicajol (*Stevia polycephala* Bertol.), mora (*Rubus trilobus* Ser.), malacate o escobillo (*Symphoricarpos microphyllus* Kunth) y otras que ayudan al establecimiento de especies arbóreas (Martínez, 2011). De estas especies el arrayán (*B. heterophylla* y *B. vaccinioides*) es el más reconocido por su papel como nodriza (Cornejo-Tenorio, Casas, Farfán, Villaseñor, & Ibarra-Manríquez, 2003; Ramírez-Marcial, González-Espinoza, & García-Moya, 1996).

Al respecto, Martínez (2011) notó que varios silvicultores de San Marcos, tienen la experiencia de utilizar especies arbustivas como nodrizas en el establecimiento de especies forestales. En el caso de *A. guatemalensis*, para su aprovechamiento como árboles de navidad, se documentaron cinco casos distribuidos en San José Ojetenam, Tacana y San Marcos del departamento de San Marcos, en extensiones de 500 a 2,400 m², con distancia de siembra aproximada de 2 x 2 m, ubicados en promedio a 1 m de distancia de la planta nodriza. Las principales especies utilizadas fueron, *B. megaloccephala*, *B. vaccinioides*, *A. elongata*, *S. polycephala* y *S. microphyllus*. Las plantas de pinabete se establecieron con una altura de 0.3 a 0.4 m y luego de tres años en el campo tenían en promedio 1.10 m de altura con un porcentaje de prendimiento de 80 a 90%.

Considerando que en la práctica ya se tiene el conocimiento del papel positivo de las plantas arbustivas como nodrizas en el establecimiento de plantaciones forestales en bosques templados, es necesario conocer su biología y silvicultura para proponer un adecuado aprovechamiento en su papel dentro del ecosistema. El objetivo de esta investigación es presentar los avances en el conocimiento del comportamiento in situ y de propagación vegetativa y por semilla de seis especies de plantas arbustivas de clima frío-templado utilizadas como nodrizas en el establecimiento de árboles forestales; las especies son *B. vaccinioides*, *B. megaloccephala*, *A. elongata*, *S. polycephala*, *R. trilobus* y *S. microphyllus*.

Materiales y métodos

Área de estudio

En la Figura 1 se presenta el área donde se realizó la investigación durante 2013 y 2014, ubicada en la parte alta de San Marcos entre 3,000 a 3,400 m de altitud, que incluyó tres bosques: (a) Los Cuervos, Ixchigüan; (b) Canatzaj, Tacana y (c) Las Nubes, San José Ojetenam y en el cerro Cotzic, Ixchigüan. Localizados entre 15° 10' 03" - 15° 14' 53" N y 91° 18' 18" - 91° 39' 23" O. Están en las zonas de vida Bosque muy húmedo montano bajo subtropical (Bmh-MB) y Bosque húmedo montano bajo subtropical (Bh-MB). El clima es de templado a frío con temperatura media anual de 15°C, que llega a descender por la noche por debajo de los 0°C, con ocurrencia de heladas, frecuentemente de noviembre a marzo. La humedad relativa es del 75%, precipitación promedio de 1,300 mm anuales. Fisiográficamente son montañas cubiertas

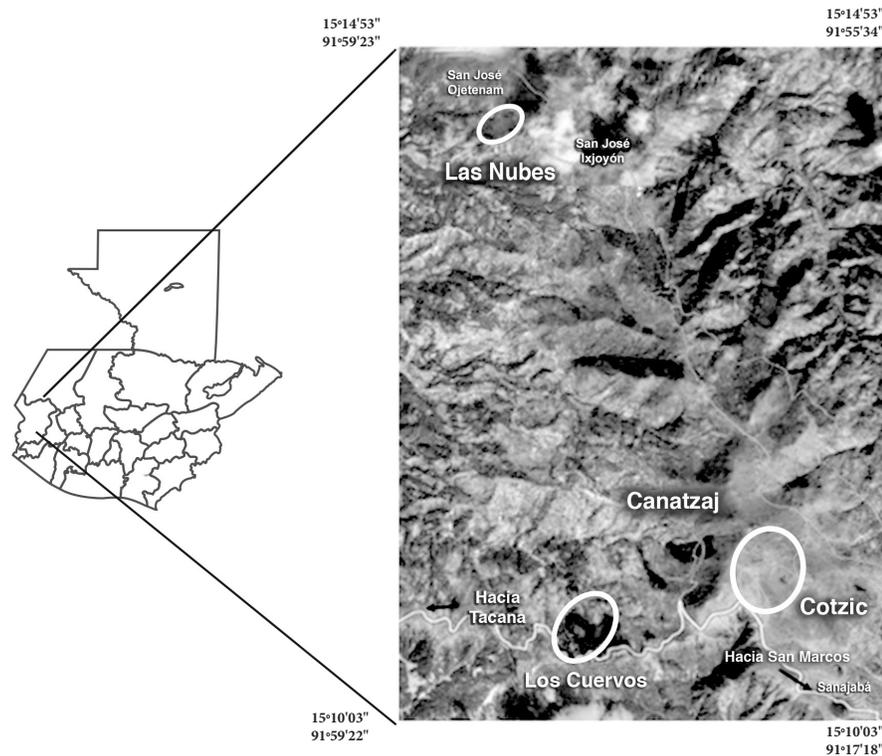


Figura 1. Mapa representando en círculos blancos, las áreas donde se realizó la investigación. Adaptado de [San Marcos: municipios de Ixchiguan, San José Ojetenam y Tacana] [earth] por Google Maps, 2014.

de rocas y cenizas volcánicas recientes, provenientes de los volcanes que rodean el área, como el Tacaná con 4,093 m de altitud y poca actividad volcánica y el Tajumulco con 4,220 m de altitud sin actividad volcánica actual. El área es quebrada con pendientes pronunciadas en su mayoría, el uso de la tierra es para pastoreo de ovejas, cultivos (maíz y papa) y áreas de bosque (Martínez, 2011). Desde el punto de vista de la conservación de bosques y suelos, esta área es importante ya que aquí se inician las cuencas de los ríos Suchiate, Coatán y Grijalva, que son compartidas con México.

Caracterización in situ de plantas nodrizas

Se establecieron parcelas de 10 x 10 m, en áreas donde las especies en estudio crecen silvestres, y se llevó registro de 10 plantas de cada especie escogidas al azar. De cada especie se estimó altura y cobertura, las cuales se presentan con los valores de media, desviación estándar y coeficiente de variación. En cinco

plantas de cada especie se llevó el registro de número de ramas y número de frutos, datos que se presentan como moda y el rango.

De acuerdo con la metodología propuesta por Montenegro y Vargas (2008), para cada bosque estudiado se realizaron tres caminatas lineales ubicadas al azar, cada una de 100 m de longitud, donde se hizo el recuento del número de plantas presentes de las seis especies arbustivas. Una caminata se hizo hacia fuera del bosque a una distancia aproximada de 25 m, la otra sobre el borde del bosque (donde hay mezcla de arbustos y árboles) y la tercera hacia el interior del bosque a una distancia aproximada de 25 m. La información se presenta con una descripción de las variables categóricas.

Elementos para la propagación vegetativa de seis especies de plantas nodrizas

Propagación en el campo. Se establecieron parcelas en el bosque Canatzaj y en el cerro Cotzic.

En las áreas abiertas alrededor del bosque Canatzaj se ubicaron tres parcelas de 1,500 m² cada una, dos con el sistema de propagación en escoba (plantas pequeñas que se obtienen de áreas cercanas, y que son arrancadas con todo el sistema radical) y una con el sistema de propagación por estacas. Esta última consistió en ramas de plantas con hojas y con el tallo principal en un corte en diagonal al final del mismo, que fueron preparadas por las personas de las comunidades que colaboraron con las actividades de siembra. Las especies sembradas fueron *B. vaccinoides*, *A. elongata*, *S. polycephala* y *B. megalcephala*. En otro caso, en el cerro Cotzic se establecieron 11 parcelas de 440 m² cada una, con las cuatro especies mencionadas, en cada parcela la proporción de cada especie varió, debido a que no se llevó control sobre esto, dado que fueron las personas de las comunidades las que establecieron las mismas. Las estacas para este caso tuvieron las mismas características que se mencionaron en el caso anterior. La información se resume por medio del porcentaje de enraizamiento o pegue después de un año de establecidas las parcelas.

Propagación por estacas en vivero. Se realizó un experimento en San Antonio Sacatepéquez a una altitud de 2,400 msnm. Las especies incluidas fueron: *B. vaccinoides*, *A. elongata*, *S. polycephala*, *B. megalcephala*, *R. trilobus* y *S. microphyllus*. Inicialmente se hizo una prueba de enraizamiento donde se determinó que se requería de enraizador, por lo que se utilizó Rotex® al 3% de ácido indolbutírico, que es un producto ampliamente utilizado para este fin.

Se sembraron en tabloncillos en el suelo y rellenados de los materiales a evaluar. Se estableció en un diseño estadístico de bloques al azar y arreglo en parcelas subdivididas; sin embargo, debido a las variaciones en el número de estacas enraizadas, se decidió hacer únicamente un análisis cualitativo de los resultados. Las estacas tuvieron un largo de 30-35 cm, preparadas a partir de plantas que están creciendo en el campo, a las cuales se les eliminaron todas las hojas, dejando nada más los brotes tiernos. Se sembraron cinco estacas de cada especie, con una inclinación de 45°. Se realizó lectura de una estaca a los 30, 45, 60 y 75 días, la cual se extrajo del sustrato, se contó el número de raíces y se midió el largo de cada una. La información se presenta en una tabla a partir de la cual se hace una interpretación cualitativa.

Los factores estudiados fueron: (1) Tipo de estaca: joven (J), intermedia (I), adulta (A); (2) Sustratos: arena blanca (P), broza (B), suelo del lugar (T) y mezcla en

iguales cantidades de los tres (M); (3) Cobertura del vivero: sin cobertura; sombra de sarán al 60%; sombra de saco de polipropileno; y plástico transparente.

El enraizamiento se calificó de la siguiente manera:

Ambientes: Mejor, cuando hubo enraizamiento a los 30, 45, 60 y 75 días después de la siembra; mediano, cuando hubo enraizamiento a los 30 y 45 días; 30 y 60 días, 30 y 75 días; y 30, 45 y 60 días después de la siembra; regular, cuando hubo enraizamiento en solo una de las fechas de lectura; no adecuado, cuando no hubo enraizamiento.

Calidad de estaca: Alta, si hubo enraizamiento de estaca joven, media y adulta; mediana, si hubo solo de estaca joven y media, o de media y adulta; baja, si hubo enraizamiento solo en estacas de una de las edades.

Sustrato: En todos, cuando enraiza en todos los sustratos (arena blanca, broza, suelo del lugar y mezcla); para los otros casos se menciona el o los sustratos donde enraizó.

Vigor del enraizamiento: Alto, más de tres raíces y al menos de 2 cm de largo; mediano, dos raíces y de 1-3 cm de largo; bajo, una raíz sin importar el largo.

Descripción de aspectos reproductivos: Se llevó registro de las fechas de floración y fructificación, se realizó una descripción del proceso de floración, fructificación, obtención de semilla y germinación.

Resultados

Información de comportamiento in situ de plantas nodrizas

Para *B. vaccinoides* la altura promedio es 2.55 ± 0.566 m y diámetro de 2.25 ± 1.186 m² (Tabla 1), según información de campo tienen un rango de edad de 8 a 10 años, por lo que se esperaría que estas son las características máximas que puede alcanzar. Es una especie que tiene cinco ramas primarias, de donde se derivan la cantidad de ramas secundarias y terciarias, característica de una especie arbustiva de la familia Asteraceae, con un rango de producción de frutos de 13,500-59,400 (Tabla 2) que muestra una alta variabilidad en número.

Para *S. polycephala* (Tabla 1) la altura promedio es de 1.85 ± 0.740 m y una cobertura de 0.83 ± 0.790 m² con el mayor coeficiente de variación de las seis especies, en ambas medidas. Con un rango de 8 a 14 ramas primarias, con inflorescencias/infrutescencias en cabezuelas que producen un rango de 13,500-23,040 achenios.

La altura promedio que presenta *A. elongata* es de 1.17 ± 0.420 m y cobertura de 0.337 ± 1.17 m² (Tabla 1). En relación a las otras cinco especies, es una planta de bajo porte, que tiene su mayor valor como nodriza en la regeneración natural, ya que por su arquitectura ofrece un sitio seguro para las semillas que caen bajo la planta. Tiene 11 ramas primarias con un rango de 10 a 13. La cantidad de frutos va de 1,650-2,366, en comparación con las dos especies anteriores tiene entre de 88 a 96% menos semilla (Tabla 2).

En el caso de *R. trilobus* presenta una altura promedio de planta de 2.64 ± 0.867 m (Tabla 1), si se mide el largo de cada rama extendida, puede tener hasta 4 m, sin embargo, a cierta altura tienden a ser decumbentes, forman una maraña de ramas que es lo que da la fisonomía que presentan, con lo que la cobertura de 3.77 ± 1.664 m² y a la vez explica la cantidad de ramas (20 para este caso) que presenta (Tabla 2). En cuanto a la infrutescencia, son pseu-

do-drupas, que contienen de 14 a 16 frutillos cada uno con una semilla, una planta produce un rango de 448-960 frutos.

Para *B. megalcephala*, la altura promedio es de 2.53 ± 0.602 m y su cobertura de 3.92 ± 2.390 m² (Tabla 1). El número de ramas primarias es de siete. La cantidad estimada de frutos es de 1,458-1,656 (Tabla 2) y un coeficiente de variación menor de seis lo que da certeza de la estimación de esta medida. Cada cápsula contiene miles de semillas que son dispersadas por el viento.

En el caso de *S. microphyllus* se puede indicar que la altura promedio es de 1.30 ± 0.294 m y su cobertura de 0.72 ± 0.536 m² (Tabla 1). Tiene una arquitectura compuesta por seis ramas primarias, de donde se derivan cerca de 32 ramas secundarias por planta, que crecen en general casi verticales. La cantidad de frutos tiene un rango entre 90-216; cada fruto tiene de dos a tres semillas.

Tabla 1

Datos de altura y cobertura de seis especies de plantas nodrizas en condiciones in situ

Nombre común	Especie	Altura en m		Cobertura en m ²	
		Media \pm DM	% coeficiente variación	Media \pm DM	% coeficiente variación
Arrayán	<i>Baccharis vaccinioides</i>	2.55 ± 0.566	22.24	2.25 ± 1.186	52.70
Chicajol	<i>Stevia polycephala</i>	1.85 ± 0.740	40.22	0.83 ± 0.790	95.32
Mozote	<i>Acaena elongata</i>	1.17 ± 0.420	36.06	0.34 ± 0.310	92.10
Mora	<i>Rubus trilobus</i>	2.64 ± 0.867	32.82	3.77 ± 1.664	44.16
Salvia	<i>Buddleia megalcephala</i>	2.53 ± 0.602	23.84	3.92 ± 2.390	61.11
Malacate	<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	1.30 ± 0.294	22.65	0.72 ± 0.536	74.44

Tabla 2

Datos de ramificación y producción de frutos de seis especies de plantas nodrizas

Especie	No. de ramas primarias		No. estimado de frutos
	Moda	Rango	Rango
<i>B. vaccinioides</i>	5	4-5	13,500-59,400
<i>S. polycephala</i>	10	8-14	13,500-23,040
<i>A. elongata</i>	11	10-13	1,650-2,366
<i>R. trilobus</i>	20	16-25	448-960
<i>B. megalcephala</i>	8	7-10	1,458-1,656
<i>S. microphyllus</i>	7	6-11	90-216

En la [Tabla 3](#), se muestra que las especies *R. trilobus* y *A. elongata* presentan la mayor densidad de plantas en los tres ambientes donde se hizo el recuento. En la parte externa del bosque tienen 27 y 52 plantas respectivamente, en tanto que en las otras especies la densidad en esta parte está entre dos a nueve plantas. En el borde intermedio la densidad es de 11 y 35 plantas respectivamente, en tanto que las otras especies tienen de una a cuatro plantas presentes. En la parte interna del bosque hay siete y 26 plantas respectivamente, tres especies no presentan plantas en este ambiente, y *S. microphyllus* que tiene en promedio una planta.

Establecimiento de plantas nodrizas por medio vegetativo en el campo

El establecimiento de las cuatro especies por medios vegetativos, en áreas abiertas del bosque Canatzaj, tuvo porcentajes iguales y superiores al 50%. En el

sistema de propagación por escoba, se tuvo mayores porcentajes en las cuatro especies en comparación a cuando se realizó por estaca. Así los resultados muestran que el rango de establecimiento vegetativo estuvo de 50 al 67% en estaca y de 64 a 92% en escoba. El enraizamiento más alto y consistente se obtuvo en *B. vaccinioides* ([Tabla 4](#)).

En la [Tabla 5](#) se presenta la información de establecimiento por estacas realizada en 11 parcelas, en el cerro Cotzic, utilizando la técnica de nucleación ([Reis, Bechara, & Tres, 2010](#)). Para las cuatro especies hay tres columnas, la primera presenta los datos del establecimiento en 2013, donde puede notarse que las proporciones de cada especie fueron diferentes en cada parcela, en general se sembraron más de *B. vaccinioides*, ya que es la especie que las personas de las comunidades identifican mejor como planta nodriza. En la segunda columna está la información del recuento realizado en 2014 y la tercera es el porcentaje de enraizamiento

Tabla 3
Comparación de especies arbustivas fuera y dentro del bosque

Especie	Parte externa					Borde intermedio					Parte interna				
	1	2	3	4	M	1	2	3	4	M	1	2	3	4	M
<i>Rubus trilobus</i>	48	29	14	15	27	19	17	5	3	11	18	9	0	0	7
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	7	7	7	0	5	5	6	0	3	4	0	5	0	0	1
<i>Acaena elongata</i>	131	31	29	16	52	71	32	23	15	35	57	18	16	12	26
<i>Buddleia megaloccephala</i>	0	0	3	6	2	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Baccharis vaccinioides</i>	0	0	18	9	7	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0
<i>Stevia polycephala</i>	0	0	31	4	9	0	0	6	5	3	0	0	0	0	0

Nota. M: Media; 1: Bosque Los Cuervos; 2: Bosque Las Nubes; 3: Bosque Canatzaj 1 (Abajo camino terracería); 4: Bosque Cantatzaj2 (Camino al cerro).

Tabla 4
Porcentaje de establecimiento (pegue) de plantas nodrizas por medio vegetativo, recuento después de un año, Canatzaj, San Marcos

Tipo de siembra	2013	2014	%	2013	2014	%	2013	2014	%	2013	2014	%
	<i>Baccharis vaccinioides</i>			<i>Acaena elongata</i>			<i>Stevia polycephala</i>			<i>Buddleia megaloccephala</i>		
En escoba	286	224	78	163	125	77	146	120	82	22	15	68
En escoba	116	93	80	38	35	92	62	40	64	21	12	57
En estacas	25	15	60	30	15	50	15	10	67	18	10	56

(pegue) después de un año. En promedio la especie *B. vaccinioides* tiene mayor porcentaje ($76 \pm 13.47\%$), seguida de *A. elongata* ($58 \pm 21.10\%$), *S. polycephala* ($48 \pm 23.33\%$) y *B. megalcephala* ($35 \pm 17.53\%$); estos resultados son similares a la localidad de Canatzaj.

Propagación por estacas de plantas nodrizas en vivero

En la **Tabla 6** se hace un resumen cualitativo de los resultados del enraizamiento de las estacas de seis especies de plantas nodrizas, con tres tipos de sombra y sin ninguna cobertura. La calificación del enraizamiento se hace a través del ambiente (tipo de sombra), calidad de estaca que mejor respondió, sustrato(s) que mejor funcionaron y la calidad del enraizamiento. Para *B. vaccinioides* puede notarse que se tiene regular a mediana calidad de enraizamiento en tres ambientes, el mejor enraizamiento se observa cuando se propagó bajo sombra de plástico transparente. En tanto que en *S. polycephala* solo bajo la sombra de polipropileno logró tener un enraizamiento con alto vigor de las raíces, cuando fue sembrada en suelo del lugar. En el caso de *S. microphyllus* respondió adecuadamente a la propagación en todos los ambientes experimentados;

sin embargo, en condiciones abiertas y con sombra de polipropileno se obtuvieron resultados más satisfactorios. El mejor de los casos se tiene con las estacas de *R. trilobus* que respondieron adecuadamente a todos los ambientes en donde se propagaron. El comportamiento de *A. elongata* fue medio, en el sustrato de polipropileno y en sarán, similar a cuando no se tuvo sombra; pero se obtuvieron resultados negativos en la sombra de plástico transparente. Finalmente, *B. megalcephala* tuvo un comportamiento regular solo bajo la sombra de polipropileno y en los otros ambientes no hubo estacas enraizadas.

La **Tabla 7** presenta los principales datos reproductivos de las seis especies en estudio. Las fechas principales de fructificación son a finales de la época lluviosa para *S. polycephala*, *R. trilobus* y *S. microphyllus* y en los meses de la estación seca para *B. vaccinioides*, *S. microphyllus*, *A. elongata* y *B. megalcephala*, aunque en el caso de *S. polycephala* y *A. elongata*, es posible obtener semilla casi en todo el año, los mayores picos de producción son como se mencionaron. La información obtenida de las pruebas preliminares de germinación muestra que la reproducción sexual es posible en las seis especies y que las dificultades son mínimas.

Tabla 5
Porcentajes de establecimiento (pegue) de parcelas de siembra plantas nodrizas por medio vegetativo en el Cerro Cotzic

No. Parcela	2013			2014			2013			2014		
	<i>Baccharis vaccinioides</i>	% pegue		<i>Acaena elongata</i>	% pegue		<i>Stevia polycephala</i>	% pegue		<i>Buddleia megalcephala</i>	% pegue	
1	304	248	82	28	15	54	22	10	45	20	7	35
2	110	60	55	32	10	31	27	6	22	33	5	15
3	189	150	79	33	28	85	31	18	58	21	3	14
4	137	91	66	105	89	85	134	114	85	55	38	69
5	60	55	92	35	20	57	17	8	47	7	3	43
6	296	280	95	13	11	85	118	80	68	23	13	57
7	166	100	60	55	20	36	20	5	25	8	3	38
8	205	152	74	37	20	54	39	11	28	28	7	25
9	143	120	84	55	25	45	48	15	31	39	10	26
10	185	120	65	43	15	35	36	12	33	27	5	19
11	175	155	89	83	63	76	192	166	86	45	20	44
Promedio			76			58			48			35
Desviación estándar			± 13.47			± 21.1			± 23.33			± 17.53

Tabla 6

Resultados del enraizamiento de estacas de plantas nodrizas, en San Antonio Sacatepéquez, San Marcos

Especie / Factor	Tipo de sombra			
	Sin sombra	Tela de polipropileno	Sarán 60%	Plástico transparente
<i>B. vaccinioides</i>				
Ambiente	++	+	++	+++
Calidad de estaca	**	*	**	***
Sustrato	3	4	6	1
Vigor de enraizamiento	oo	oo	oo	oo
<i>S. polycephala</i>				
Ambiente	-	+	-	-
Calidad de estaca	-	*	-	-
Sustrato	-	7	-	-
Vigor de enraizamiento	-	ooo	-	-
<i>S. microphyllus</i>				
Ambiente	+++	+++	++	+
Calidad de estaca	**	**	***	*
Sustrato	3	5	3	4
Vigor de enraizamiento	ooo	ooo	ooo	ooo
<i>R. trilobus</i>				
Ambiente	+++	+++	+++	+++
Calidad de estaca	**	***	***	***
Sustrato	5	1	1	1
Vigor de enraizamiento	ooo	ooo	ooo	oo
<i>A. elongata</i>				
Ambiente	++	+	++	-
Calidad de estaca	**	*	**	-
Sustrato	5	2	3	-
Vigor de enraizamiento	o	oo	ooo	-
<i>B. megalcephala</i>				
Ambiente	-	+	-	-
Calidad de estaca	-	*	-	-
Sustrato	-	2	-	-
Vigor de enraizamiento	-	o	-	-

Nota. Ambientes: Mejor: +++ Mediano: ++; Regular: +; No adecuado: -. Calidad de estaca: Alta:***; Mediana: **; Baja: *; Nula: -. Sustrato: 1: Broza, arena blanca y suelo del lugar y/o mezcla; 2: Mezcla de broza, arena blanca y suelo del lugar; 3: Arena blanca y suelo del lugar; 4: Arena blanca; 5: Mezcla y otro sustrato; 6: Broza y suelo del lugar; 7: Suelo del lugar; Ninguno -. Vigor del enraizamiento: Alto: ooo; Mediano:oo; Bajo: o; Niguno: -.

Tabla 7
 Datos reproductivos de seis especies de plantas nodrizas

Especie	Floración	Tipo de fruto	Semilla	Obtención de semilla	Tratamiento	Germinación
<i>B. vaccinioides</i>	Noviembre a enero	Infrutescencia en cabezuelas	Aquenos de 2 mm de largo x 1 mm de ancho	Marzo a abril	Secado y limpieza para eliminar el vilano	La emergencia inicia a los 22 dds y continúa por seis más, hay 75% de germinación
<i>S. polycephala</i>	Mayo-junio y octubre a diciembre	Infrutescencias en corimbos redondeados	Aquenos de 4 a 6 mm, color negro	Agosto-septiembre y febrero a mayo	Secado y limpieza	La emergencia inicia a los 9 dds y continúa por 5 más, hay 90% de germinación
<i>A. elongata</i>	Casi todo el año, principal abril-mayo y octubre-diciembre	Espigas con hipantos globosos (1 x 0.5 cm) con muchas espinas rojizas	Una por hipanto, fuertemente apresas a él	Casi todo el año, principal junio y marzo a mayo	Difícil de extraer la semilla, mejor sembrar los hipantos	Emergencia de 5 a 15 días, porcentaje de germinación 80-85%
<i>R. trilobus</i>	Julio-septiembre	Hemisféricos de color púrpura-negro, de 1.5 cm de ancho, con 12 a 16 drupelas	De 12 a 16 semillas por infrutescencia, duras de 0.5x0.3 cm	Agosto-noviembre	Los frutos se estrujan, se dejan en agua por 3 días, lavar y secar	Se inicia a los 15 dds hasta los 54 días, germinación de 45-55%
<i>B. megalcephala</i>	Noviembre a enero	Infrutescencias globosas marrón. Contiene capsulas con gran cantidad de semillas color café	Cada capsula tiene miles de semillas de 2 mm de largo cada una	Marzo-abril	Cosechar las infrutescencias, ponerlas a secar y aporrear para obtener semilla	La emergencia inicia a los 5 dds, con un 90% de germinación
<i>S. microphyllus</i>	Agosto-septiembre	Frutos en pequeños grupos, blancos, redondos de 4 a 9 mm	1 a 3 por fruto, aplanadas de 3 a 7 mm de ancho	Octubre-noviembre	Estrujar los frutos en agua, dejar por tres días, limpiar y secar	Inicia a los 19 dds y hasta por 12 más, 70% de germinación

Nota. dds: días después de siembra.

Discusión

En la parte alta del departamento de San Marcos hay áreas que fueron sobrepastoreadas, pero desde hace casi 15 años, la cantidad de ganado ovino ha disminuido drásticamente, además muchos rebaños se manejan en estabulación, por lo que hay tierras abandonadas, donde se ha iniciado la sucesión vegetal. Esta condición ya ha sido aprovechada por varios silvicultores (Martínez, Pérez, Rivera, & Velásquez, 2013), para establecer árboles forestales, especialmente pinabete con fines de producción de árboles navideños, en áreas no mayores de 2,500 m², donde hay establecidas plantas arbustivas (Martínez, 2013). Asimismo, los bosques de pinabete y su área de influencia son lugares protegidos y supervisados por los comités de las comunidades y municipalidades para que no se dé más pastoreo, lo cual también está ayudando a la recuperación natural. Sin embargo, cabe señalar que en estos ecosistemas el proceso de sucesión vegetal es lento y en muchas ocasiones se debe tener intervención humana para acelerarlo por medio de la restauración ecológica (Martínez, 2014), precisamente una de las técnicas es aprovechar los estadios intermedios con arbustos o bien el enriquecimiento de terrenos con estas especies, previo a establecer árboles. Así, el conocimiento del comportamiento *in situ* de las plantas nodrizas ayuda a comprender las condiciones en que se encuentran actualmente y así planificar el establecimiento de especies forestales en aquellas áreas donde ya están creciendo plantas arbustivas.

Además motiva estudiar estas especies, pues en el futuro se espera que sean parte de las que ofrezcan los viveros, ya que su utilización, como estados previos a establecer árboles forestales, puede ampliarse con el otorgamiento de incentivos a la restauración, que están contemplados en la propuesta de ley de fomento al establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y protección de bosques en Guatemala (PRO-BOSQUE) (Instituto Nacional de Bosques, s.f.). De tal manera que previendo esto y para hacer un uso exitoso de estas especies nativas en programas de restauración ecológica, trabajos como el presente procuran profundizar en el conocimiento sobre la biología, la ecología, la propagación y el manejo de las especies disponibles, a fin de posibilitar su domesticación y desarrollar técnicas eficientes de reproducción (Batis, Alcocer, Gual, Sánchez, & Vázquez, 1999). El conocimiento de ellas a la fecha es escaso ya que tanto en programas de reforestación estatal, municipal y de organizaciones no gubernamentales, no se ha contemplado su uso más

amplio, a pesar de su potencial para favorecer la recuperación de áreas degradadas, situación similar señala Niembro (2001) para México.

Las características de arquitectura de las seis especies arbustivas tienen ventajas y desventajas que pueden darle su valor como planta nodriza. Por ejemplo, *R. trilobus*, forma una maraña de ramas que produce exceso de sombra en la época lluviosa, por lo que es recomendable realizar podas que permitan mayor penetración de luz y aireación hacia las partes bajas donde se establezcan árboles, pero en la época seca tiene la desventaja de que defolia completamente y la protección a los árboles, se da solo por la maraña de ramas, de tal forma que en la poda que se realice se debe cuidar de dejar la suficiente cantidad de tallos que sirvan para contrarrestar la época seca y las heladas.

Por su parte *A. elongata*, tiene la menor altura de las plantas nodrizas, y su protección a árboles que se establezcan va a depender de la posición donde este y de la pendiente del lugar. Sin embargo, la planta forma un arbusto compacto, que asegura el lugar para la germinación de semillas forestales de regeneración natural, por esto se puede considerar que su mayor valor está en brindar un sitio seguro a semillas forestales.

A la especie *B. vaccinioides* se le menciona como una de las mejores nodrizas (Cornejo-Tenorio et al., 2003; Ramírez-Marcial et al., 1996), pero esto es cierto para áreas totalmente abiertas, como se demostró en la información presentada, ya que su establecimiento cerca de los bosques es escasa. Funciona bien fuera de bosque o en áreas muy deterioradas que están en proceso de sucesión vegetal. En la mayoría de áreas abandonadas esta especie es dominante y además de ser nodriza para forestales, también lo es para otros arbustos.

Por su parte, *B. megalcephala*, es una planta selectiva en su hábitat natural, ya que no se desarrolla en todos los lugares, a pesar de que produce una cantidad alta de semillas por cápsula. Lo que se observa son arbustos dispersos, y sus poblaciones se pueden notar en manchones. En el área de estudio la mayor población encontrada está a orillas del cerro Cotzic en la carretera de Ixhigüan a San José Ojetenam, donde crecen mezcladas dos especies *B. megalcephala* y *B. skutchii* C.V. Morton que son muy similares. Las observaciones que se han realizado de esta planta como nodriza, es en lotes manejados con *A. guatemalensis* para producción de árboles navideños (Martínez, 2011), no así en campos abiertos.

La especie *S. polycephala* tiene como característica que casi en todas las áreas abiertas se va estable-

ciendo, aunque no en altas densidades. Debido a que mantiene follaje todo el año, da protección a árboles de regeneración natural o aquellos que se establezcan por reforestación bajo su área de influencia.

La situación para *S. microphyllus* como planta nodriza consiste en que debido a que crece muy compacta y con muchas de sus ramas con crecimiento casi vertical, el área de influencia para protección, puede ser más reducida que para otras especies, además se puede considerar como desventaja que defolia en época seca.

Cabe señalar que en varias áreas, las especies estudiadas y algunos otros arbustos, crecen asociados, por lo que en realidad el efecto nodriza pocas veces es responsabilidad de una sola especie, sino más bien es producto de la interacción de varias especies, a la vez debe considerarse la dirección y porcentaje de pendiente de donde está ubicada, así como la posición del arbolito que se quiere proteger con relación a la o las plantas protectoras (Castro, Zamora, Hódar, Gómez, & Gómez-Aparicio, 2004).

En este estudio se determinó la preferencia de hábitat de las especies arbustivas en las cercanías de los parches de bosque de *A. guatemalensis*. Se muestra un desempeño diferencial de ellas, similar a lo encontrado por Montenegro y Vargas (2008) que puede contribuir a decidir cómo manejarlas cuando sean plantadas. Por ejemplo, cercano a los bosques se puede enriquecer con *R. trilobus* y *A. elongata*, en tanto que *B. vaccinioides*, *S. microphyllus*, *S. polycephala* y *B. megaloccephala* no funcionan bien cerca de los bordes de bosque, por lo que es más adecuado manejarlas en áreas totalmente abiertas.

La cantidad de frutos estimado, en las seis especies van en rangos de 90 a 216 en *S. microphyllus* que relativamente es bajo, pero en las otras especies la cantidad estimada es relativamente alta como el caso de *B. vaccinioides* con un rango de 13,500-59,400 achenios, lo que está acorde a las estrategias reproductivas de los arbustos que son parte de estadios iniciales e intermedios de sucesión (Badii et al., 2013), que conducen a producir una gran cantidad de progenie para asegurar su reproducción, pues su función es colonizar áreas abiertas para facilitar el establecimiento posterior de árboles (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia, 1994). A pesar de la alta producción de semillas, se pudo observar que la regeneración natural es baja en la mayoría de tierras abiertas, posiblemente porque muchas de las semillas no encuentran el sitio seguro para su germinación (Harper, 1977).

El establecimiento vegetativo en el campo de cuatro de las seis especies arbustivas de este estudio

muestran una adecuada respuesta durante el primer año de evaluación. Es importante señalar que la porción vegetativa que se utilizó fue manejada por los agricultores de las comunidades que participaron en la siembra, ellos llevaron ramas, las que seccionaron y sembraron con todo y hojas. Por otra parte la siembra en el sistema de escoba, que puede considerarse no sostenible ya que son plantas pequeñas arrancadas de otros lugares, donde también son necesarias para la recuperación de cobertura vegetal. Sin embargo, lo importante en ambos casos es que se tomó en cuenta el criterio de los pobladores, lo cual permitió una mejor colaboración en los trabajos de siembra.

En contraste, los porcentajes de enraizamiento o pegue de estacas que se prepararon técnicamente, como se describe en la metodología, son relativamente bajos, incluso hay especies donde no hubo ninguna estaca enraizada. Debe considerarse que en las condiciones del área de estudio, posiblemente es mejor sembrar de acuerdo a como lo hacen los agricultores, que consiste en obtener ramas adultas y sembrarla sin quitar las hojas. Es importante reconocer el papel del conocimiento tradicional que puede ayudar a disminuir el tiempo de investigación, y que lo que se debe hacer es darle forma a este conocimiento para su verificación científica. Las especies *R. trilobus* y *S. microphyllus* fueron las que tuvieron mejor enraizamiento seguido de *B. vaccinioides*. En tanto que *A. elongata* tiene una respuesta media, *B. megaloccephala* y *S. polycephala* son las que menos respuesta tuvieron. A partir de esto puede indicarse que hay que profundizar más en los estudios de propagación asexual. Sin embargo, por lo observado se deduce que en vivero es más práctico el manejo de propagación por semilla, pues las seis especies responden adecuadamente.

Los resultados obtenidos en esta investigación son los primeros en la biología reproductiva de estas especies, que pueden permitir desarrollar la práctica de su reproducción sexual. En primer lugar debe ponerse importancia en el manejo de frutos y semillas que es imprescindible para el éxito de los procesos de investigación para incluir estas especies en vivero, el cual es clave en el proceso de restauración de ecosistemas (Vargas & Lozano, 2008).

Para la propagación por semilla se requiere únicamente de los cuidados convencionales, y con esto se puede producir suficiente cantidad de plantas, que los viveristas deberán ir produciendo y tenerlas entre las especies que ofertan. La producción de plántulas en cantidad y calidad es una parte importante para el éxito inicial de la restauración (Ceccon, 2013).

Agradecimientos

Se agradece al personal de la Oficina Forestal de la Municipalidad de Ixchiguán, por la colaboración en esta investigación. A los comunitarios de Ixchiguán y Canatzaj, por su colaboración en el campo. A Sergio Osorio del proyecto de Pinabete del INAB, por el acompañamiento en los trabajos de campo. Se agradece al Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACYT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) de Guatemala, por el apoyo económico brindado para la obtención de la información a través del proyecto FODECYT 046-2012.

Referencias

- Badii, M. H., Landeros, J., Valenzuela, J., Rodríguez, R., Ochoa, Y., & Cerna, E. (2013). Patrones Reproductivos. *International Journal of Good Conscience*, 8(1), 55-63.
- Batis, A. I., Alcocer, M. I., Gual, M., Sánchez, C. & Vázquez, C. (1999). *Árboles mexicanos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. (SNIB-CONABIO proyecto No. J084). México D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología.
- Castro, J., Zamora R., Hódar, J. A., Gómez, J. M., & Gómez-Aparicio, L. (2004). Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: A 4-year study. *Restoration Ecology*, 12(3), 352-358. doi: 10.1111/j.1061-2971.2004.0316.x
- Ceccon, E. (2013). *Restauración en bosques tropicales: Fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. México: Ediciones Díaz de Santos.
- Cornejo-Tenorio, G., Casas, A., Farfán, B., Villaseñor, J. L., & Ibarra-Manríquez, G. (2003). Flora y vegetación de la zonas núcleo de la reserva Biosfera Mariposa Monarca, México. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*, 73, 43-62.
- Dong-Liang, C., Gen-Xuan, W., Bao-Ming, C., & Xiao-Ping, W. (2006). Positive interactions: crucial organizers in a plant community. *Journal of Integrative Plant Biology*, 48(2), 128-136. doi: 10.1111/j.1744-7909.2006.00128.x
- Eränen, J. K., & Kozlov, M. V. (2007). Competition and facilitation in industrial barrens: Variation in performance of mountain birch seedlings with distance from nurse plants. *Chemosphere*, 67, 1088-1095.
- Google Maps. (2014). San Marcos: Municipios de Ixchiguan, San José Ojetenam y Tacana. Recuperado de [http://maps.google.com/maps?f=q&source=s_q&hl=en&geocode=&q=300+Summit+St,+Hartford,+CT+06106+\(trinity+college\)&sll=41.746566,-72.688723&ssp-n=0.017963,0.038581&ie=UTF8&hq=&hnear=300+Summit+St,+Hartford,+Connecticut+06106&ll=41.747334,-72.688916&sp-n=0.008981,0.01929&z=16](http://maps.google.com/maps?f=q&source=s_q&hl=en&geocode=&q=300+Summit+St,+Hartford,+CT+06106+(trinity+college)&sll=41.746566,-72.688723&ssp-n=0.017963,0.038581&ie=UTF8&hq=&hnear=300+Summit+St,+Hartford,+Connecticut+06106&ll=41.747334,-72.688916&sp-n=0.008981,0.01929&z=16)
- Harper, J. L. (1977). *Population biology of plants*. New York: Academic Press.
- Instituto Nacional de Bosques. (s.f). *Iniciativa de ley de fomento al establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y protección de bosques en Guatemala –PROBOSQUE–*. Guatemala. Recuperado de <http://www.mam.gov.gt/Multimedios/574.pdf>
- Maestre, F. T., & Cortina, J. (2004). Do positive interactions increase with abiotic stress? A test from a semi-arid steppe. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B (Supplement)*, 271, 331-333. doi: 10.1098/rsbl.2004.0181
- Malkinson, D., & Tielbörger, K. (2010). What does the stress-gradient hypothesis predict? Resolving the discrepancies. *Oikos*, 119(10), 1546-1552. doi:10.1111/i.1600-0706.2010.18375.x
- Martínez, J. V. (2011). *Evaluación y caracterización de la sucesión vegetal secundaria y propuestas para la restauración ecológica alrededor de áreas con pinabete (Abies guatemalensis Rehder) en San Marcos (FODECYT No. 055-2009)*. Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro Universitario de San Marcos, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- Martínez, J. V. (2013). *Sucesión ecológica secundaria alrededor de parches de bosque con pinabete (Abies guatemalensis Rehder) en San Marcos, Guatemala* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. Programa DOCINADE, San José, Costa Rica.

- Martínez, J. V. (2014). Sucesión vegetal en bordes de bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) del occidente de Guatemala. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(23), 64-77.
- Martínez, J. V., Pérez, M., Rivera M., C. O., & Velásquez, M. M. (2013). Integración del conocimiento científico y el tradicional en los procesos de restauración de los bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), San Marcos, Guatemala. *Tikalía*, 31(1), 73-91.
- Montenegro, A. L., & Vargas, O. (2008). Atributos vitales de especies leñosas en bordes de bosque altoandino de la reserva forestal de Cogua (Colombia). *Revista Biología Tropical*, 56(2), 705-720.
- Niembro, A. (2001). Las diásporas de los árboles y arbustos nativos de México: Posibilidades y limitaciones de uso. *Madera y Bosques*, 7(2), 3-11.
- Ramírez-Marcial, N., González-Espinoza, M., & García-Moya, E. (1996). Establecimiento de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. en matorrales y pastizales de los altos de Chiapas, México. *Agrociencia*, 30(2), 249-257.
- Reis, A., Bechara, F. C., & Tres, D. R. (2010). Nucleation in tropical ecological restoration. *Scientia Agricola*, 67(2), 244-250. doi: [10.1590/S0103-90162010000200018](https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000200018)
- Valladares, F., Aranda, I., & Sánchez-Gómez, D. (2004). La luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua. En F. Valladares (Ed.), *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (pp. 335-369). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Organismo Autónomo de Parques Nacionales.
- Valladares, F., & Gianoli, E. (2007). How much Ecology do we need to know to restore Mediterranean ecosystems?. *Restoration Ecology*, 15(3), 363-368. doi: [10.1111/j.1526-100X.2007.00230.x](https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00230.x)
- Vargas, W., & Lozano, F. H. (2008). El papel del vivero en un proyecto de restauración en paisajes rurales andinos. Establecimiento del corredor Barbas-Bremen. En J. I. Barrera-Cataño, M. Aguilar-Garavito, & D. C. Rondón-Camacho (Eds.), *Experiencias de restauración ecológica en Colombia* (pp. 67-82). Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Vázquez-Yanes, C., & Orozco-Segovia, A. (1994). Signals for seeds to sense and respond to gaps. En A. Caldwell, M. Marlyn, & R. W. Pearcy (Eds.), *Exploitation of environmental heterogeneity by plants* (pp. 209-235). London, UK: Academic Press.