

Cambios en la estructura de la vegetación derivados de acciones de restauración ecológica en las Zonas de Amortiguamiento Biológicas y Vivero Alto

Jonathan Antonio-Garcés ¹, Maritza Peña ¹, Zenón Cano-Santana ¹, Mauricio Villeda ¹ y Alma Orozco-Segovia ²

¹ Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias

² Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México

jonathantoniog@yahoo.com.mx

"... no podemos ganar la batalla por salvar a las especies y al medio ambiente sin forjar un vínculo emocional entre nosotros y la naturaleza, puesto que no lucharemos por la salvación de algo que no amamos, sino que sólo apreciamos en cierto sentido abstracto."

S. J. Gould, *Some enchanted evening*

Introducción

La restauración ecológica es la serie de actividades encaminadas al restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre (SER, 2004). Para llevar a cabo esta actividad es preciso conocer (1) la estructura, composición y funcionamiento preexistentes del ecosistema dañado, (2) la magnitud de la perturbación sufrida, y (3) la biota nativa (Primack y Massardo, 2001; SER, 2004). El éxito de esta actividad depende de varios factores ecológicos y humanos, como son: el grado de alteración de la hidrología, la geomorfología y el suelo, la velocidad de recuperación del ecosistema, la capacidad de éste para continuar su desarrollo sin ayuda, la disponibilidad de recursos humanos y financieros, y la voluntad política de los responsables del ecosistema a restaurar (ver Primack y Massardo, 2001).

El Pedregal de San Ángel o Pedregal del Xitle ha sufrido extensas alteraciones antropogénicas debido a la urbanización y a las presiones que ejercen las siempre

crecientes necesidades de habitación y servicios de sus habitantes (Cano-Santana *et al.*, 2006).

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (en lo sucesivo REPSA o Reserva del Pedregal), en particular, al registrar condiciones más secas (870 mm) que las zonas de las partes más altas del pedregal de Xitle (1100 mm), presenta una baja velocidad sucesional (Cano-Santana y Meave, 1996). También se ha sugerido que esta baja velocidad sucesional se debe a las perturbaciones permanentes asociadas a las actividades de los habitantes de los asentamientos humanos que desde su origen han rodeado al derrame del Xitle (Carrillo, 1995; Cano-Santana y Meave, 1996). En particular, los incendios recurrentes (de origen antropogénico o no) determinan pulsos de retroceso en el proceso sucesional natural. La acumulación de desechos de jardinería, la introducción de eucaliptos y la acumulación de basura inorgánica y cascajo han estimulado el crecimiento masivo del pasto "kikuyo" (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. [Poaceae]) lo cual favorece la incidencia de incendios al acumular gran cantidad de material combustible durante la temporada de secas (Z. Cano-Santana, obs. pers.).

Otro aspecto importante del deterioro del ecosistema de la Reserva del Pedregal es la presencia de al menos tres especies de eucaliptos (*Eucalyptus* spp., principalmente *E. camaldulensis* Dehnh [Myrtaceae]). Espinosa-García (1996) registra que los extractos o lixiviados de hojas, corteza, hojarasca y semillas de varias especies de eucalipto contienen sustancias aleloquímicas capaces

de afectar negativamente a varias especies de plantas, bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrízicos. Él discute que muchas de estas sustancias aleloquímicas son muy solubles en agua y pueden concentrarse en el suelo interfiriendo con la germinación y el crecimiento de varias especies de plantas. El eucalipto se comenzó a plantar en 1951 en Ciudad Universitaria en terrenos que ahora son parte de la actual REPSA (Segura, 1995). La población de eucaliptos creció a una tasa promedio anual de 9.2% durante 33 años, cubriendo una extensión cercana al 8% del área de la Reserva del Pedregal (Segura, 1995). Segura y Meave (2001) demostraron que la riqueza específica de especies nativas en la REPSA es más alta en sitios sin eucaliptos que la encontrada en los sitios afectados por estos árboles, y que la remoción de eucaliptos parece cambiar de manera inmediata el paisaje del sotobosque, pues las coberturas de plantas de especies nativas se incrementaron en mayor proporción al de las plantas arvenses durante la temporada de lluvias.

Un aspecto que puede ser importante para analizar la velocidad de recuperación del ecosistema de la REPSA es a través del análisis de la composición en términos de especies arvenses y exóticas que se registra en las áreas sujetas a acciones de restauración ecológica. De hecho, el control de este tipo de plantas es una actividad muy importante durante el proceso de restauración, buscando acelerar el proceso de sucesión secundaria.

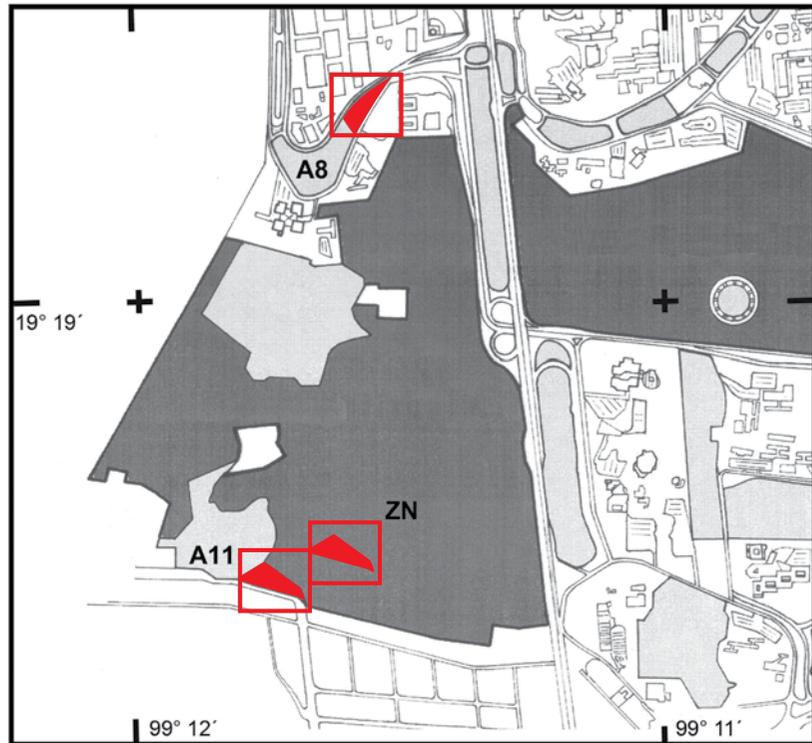
Las plantas que crecen en los campos agrícolas se conocen como plantas arvenses o, más comúnmente, como malezas o malas hierbas. Este último término se refiere al efecto nocivo que algunas de estas especies tienen sobre las plantas cultivadas, ya que pueden reducir el rendimiento en cantidad y calidad causando pérdidas al agricultor (Espinosa-García, 1997). El adjetivo *arvense* sólo significa que la planta crece en forma silvestre en terrenos cultivados sin ninguna connotación respecto a la nocividad o bondad para los agricultores (Espinosa-García, 1997). Las especies de plantas de este tipo corresponden, desde el punto de vista de la ecología de la sucesión, a *plantas pioneras* que arriban primero a un sitio donde están disponibles espacios de colonización para ser ocupados (Morris, 1992). Asimismo, estas espe-

cies de plantas pueden ser catalogadas como especies *oportunistas*, ya que toman ventaja en el interior de las comunidades que han experimentado un disturbio reciente (Morris, 1992). En este trabajo se define como plantas arvenses a aquellas especies silvestres o exóticas oportunistas cuyas poblaciones se desarrollan primordialmente en ambientes sujetos a disturbios antropogénicos que colonizan espacios en las primeras etapas sucesionales, las cuales pueden tener un potencial efecto invasivo o nocivo sobre el ecosistema en el que se encuentran.

Desde 2005 iniciamos una serie de actividades encaminadas a restaurar las áreas deterioradas de la REPSA y a monitorear, a largo plazo, los cambios registrados en la dominancia, composición y diversidad de la comunidad vegetal, así como en la abundancia de artrópodos y vertebrados dominantes en el ecosistema. Desde nuestro punto de vista, la restauración de los ecosistemas terrestres que alberga la REPSA se basa en las siguientes premisas: (1) eliminar la fuente de disturbio, (2) extraer elementos extraños al ecosistema, tales como desechos orgánicos e inorgánicos, (3) recuperar el sustrato basáltico, ya sea por recuperación o por adición, (4) eliminar los elementos vegetales exóticos, sobre todo eucaliptos y pasto kikuyo, y (5) introducir especies vegetales nativas. Los objetivos de estas acciones son: (1) recuperar el sustrato volcánico original y volverlo apto para la colonización de especies nativas, (2) reducir la presencia de especies exóticas y arvenses, (3) reducir el riesgo de incendios, (4) recuperar la diversidad vegetal y el paisaje originales, y (5) restablecer la red trófica del ecosistema.

En este trabajo se reportan los resultados de las actividades de restauración ecológica en la región noreste de la Zona de Amortiguamiento 8 (Biológicas), así como en la región sureste de la Zona de Amortiguamiento 11 (Vivero Alto). En particular, se buscó determinar los cambios en la estructura de la comunidad vegetal en dos áreas durante todo el proceso de implementación de acciones de restauración ecológica. También se reportan los costos que han tenido las labores de restauración en estas zonas.

FIG. 1. Localización de los sitios de estudio en la Reserva del Pedregal.



Materiales y métodos

Sitios de estudio

Este trabajo se llevó a cabo en dos zonas deterioradas de la REPSA, una localizada en la región noreste de la zona A8 y otra en el sureste de la zona A11 (UNAM, 2005) (Fig. 1). Adicionalmente, se seleccionó un sitio en la Zona Núcleo Poniente, adyacente a la zona A11, sujeta a restauración, donde se localizaron dos parcelas, una de 50 × 35 m y otra de 50 × 15 m, con el fin de tener un marco de referencia en la estructura de la comunidad vegetal. El tamaño de las parcelas en la zona núcleo fue seleccionado debido a que la región sureste de la zona A11 tenía esta disposición y tamaño.

La Zona de Amortiguamiento A8

Descripción del sitio y origen del deterioro. La superficie sujeta a restauración en el área de amortiguamiento 8 se ubica al noreste del camellón central de la avenida conocida como Circuito Exterior. Esta área de amor-

tiguamiento está cubierta por vegetación natural y constituye una zona forestada con eucaliptos posiblemente desde la década de 1950, aunque su porción noroccidental estuvo sujeta a un programa de remoción de estos árboles en 1998. El sitio de estudio tiene una superficie de 0.51 ha y ocupa una hondonada que estuvo sujeta desde antes de 1995 a la acumulación de desechos, en su mayoría de jardinería, generados por el manejo que se les da a las canchas de fútbol adyacentes a la zona. Adicionalmente, en esta zona se encuentran promontorios de cascajo en sus bordes y, en su borde norteño, una franja de 3 a 5 m de ancho de pasto kikuyo sembrado sobre un relleno de cascajo, donde se introdujeron algunos eucaliptos. Se detectó una dominancia de cobertura de la planta arvense *Mirabilis jalapa* L. (Nyctaginaceae).

Acciones de restauración. Las acciones de restauración en la zona fueron: (1) el retiro de 183.7 m³ de desechos orgánicos, basura inorgánica y cascajo mediante la implementación de 11 jornadas de limpieza (Tabla 2a) mediante las cuales se recuperaron ca. 70 m² de sustrato basáltico, (2) el retiro de eucaliptos, con la finalidad de

reducir el efecto alelopático y de sombra que produce esta especie exótica sobre la comunidad de plantas, (3) la introducción de 1079 plántulas de 10 especies nativas en 2005 y 2006 y la siembra al voleo de ca. 53,000 semillas de *Muhlenbergia robusta* (E.Fourn.) Hitchc. (Poaceae) (Tabla 1), y (4) control de las poblaciones de *M. jalapa*.

Las "Jornadas de Limpieza de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel" consistieron en organizar actividades de extracción de desechos de jardinería, basura inorgánica y cascajo, así como de control de eucaliptos y extracción de tubérculos de *M. jalapa*, en las cuales participaron, por invitación, estudiantes, profesores y público en general. Estas jornadas se llevaron a cabo desde abril de 2005 hasta abril de 2007. En ellas participaron 345 personas con un esfuerzo de trabajo de 2,070 horas hombre (Tabla 2a).

Previo al retiro de eucaliptos, se hizo un censo de ellos en el sitio de estudio, en el cual se registraron 74 individuos, de los cuales 62 fueron removidos del sitio (83.7% del total) del 11 al 14 de julio de 2005.

Las poblaciones de *M. jalapa* fueron controladas mediante la extracción intensiva de sus tejidos aéreos y subterráneos el 8 de agosto de 2005 y en las jornadas de limpieza de septiembre y noviembre de 2006.

La Zona de Amortiguamiento A11

Sitio de estudio y origen del deterioro. La porción del terreno del área de amortiguamiento 11 se encuentra al sur de la zona núcleo poniente de la Reserva del Pedregal, cubriendo un área 2,250 m². Este sitio está dividido en dos porciones por un camino de terracería, una tiene un área aproximada de 50 × 35 m y la otra, más pequeña, es de 50 × 15 m. Esta zona sufrió, entre noviembre de 2004 y enero de 2005, un gran deterioro por la remoción de toda la cubierta vegetal, la extracción de cantera y el posterior relleno de la zona con tepetate y aplanamiento, con el objeto de construir un estacionamiento que finalmente fue cancelado.

Acciones de restauración. Las acciones previas de recuperación en este sitio, antes de la incursión del grupo de trabajo a la zona fueron los siguientes. Entre el 11 y el 14 de marzo de 2005 se extrajo el material de relleno con maquinaria, con lo que se logró la recupe-

Tabla 1. Número de plántulas introducidas al área de restauración ecológica de la Zona de Amortiguamiento A8 de la Reserva del Pedregal.

Especie	No. plántulas
Primera etapa (ago.-sep., 2005)	
<i>Brickellia veronicifolia</i>	33
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	6
<i>Dahlia coccinea</i>	85
<i>Dodonaea viscosa</i>	60
<i>Eupatorium petiolare</i>	8
<i>Manfreda scabra</i>	93
<i>Muhlenbergia robusta</i>	0
<i>Senecio praecox</i>	94
<i>Verbesina virgata</i>	51
Subtotal primera etapa	430
Segunda etapa (jul., 2006)	
<i>Dahlia coccinea</i>	232
<i>Dodonaea viscosa</i>	192
<i>Manfreda scabra</i>	80
<i>Opuntia tomentosa</i>	80
Subtotal segunda etapa	584
Gran total	1,014

ración de una fracción del sustrato volcánico original. Del 12 al 22 de marzo de 2005 se llevó a cabo la adición de roca basáltica en las zonas donde el sustrato original del Pedregal se encontraba a una profundidad mayor a los 3 m. Esta actividad se llevó a cabo favoreciendo una alta heterogeneidad ambiental, colocando los cantos de 1 m de diámetro o más en la base del terreno, rocas de 50 cm de diámetro por encima y guijarros más pequeños en la parte superior. Lamentablemente, entre los cargamentos de roca basáltica se detectó la presencia de desechos inorgánicos y sustrato no consolidado con evidente presencia de rizomas de pasto kikuyo. Por lo anterior, entre finales de marzo y mediados de abril de 2005, se llevó a cabo una limpieza del área para la eliminación de desechos inorgánicos y la extracción de rizomas. A finales de abril de 2005 aún permanecen bloques de concreto y desechos inorgánicos, así como la presencia de una gran cantidad de pequeños rizomas

de kikuyo. Por lo anterior, las acciones posteriores de restauración se centraron en extraer material no consolidado, rizomas y hojas de pasto kikuyo en crecimiento y otras especies exóticas que colonizaron el área. En esta zona se organizaron cuatro jornadas de limpieza entre octubre de 2006 y mayo de 2007, en las cuales se extrajeron 13.8 m³ de plantas exóticas [kikuyo, ricino (*Ricinus communis* L. [Euphorbiaceae]) y eucalipto (*Eucalyptus* spp.)] y material no consolidado. En las jornadas participaron 53 personas aportando un total de 310 horas hombre (Tabla 2b).

Estructura de la comunidad vegetal

Para determinar los cambios en la estructura de la comunidad vegetal se registró la cobertura de cada especie con el método de intercepción de línea (línea de Canfield; Krebs, 1989), tomando en cuenta simultáneamente los tres estratos de vegetación en las tres zonas de estudio. Desde ahora y por economía las zonas de estudio serán referidas como A8, A11 y ZN.

En A8 se trazó una línea longitudinal de 135 m por el centro del sitio de estudio y cinco líneas transversales separadas de 7 a 20 m de una longitud de entre 32 y 54 m distribuidas por toda la zona. En total se registraron 347 m de línea.

En el sitio A11 y en la ZN se trazaron seis líneas paralelas, tres de 35 m en la parcela de 50 × 35 y tres de 15 m en la parcela de 50 × 15 m.

Se hicieron once muestreos de la cobertura de cada especie en A8 (marzo, julio y diciembre de 2005, marzo, junio, septiembre y noviembre de 2006, y enero, marzo, mayo y julio de 2007), seis en A11 (julio, octubre y diciembre de 2006, y febrero, abril y junio de 2007), y siete registros en la ZN (julio, octubre y noviembre de 2006, y enero, marzo, mayo y julio de 2007).

Se hizo el análisis de la vegetación considerando la cobertura y riqueza de especies. Los datos de riqueza de especies deben ser tomados con reserva, ya que la línea de Canfield no es un método adecuado para estimar la riqueza de especies de los sitios de estudio, pero aquí se muestran como un indicador de recuperación.

Para identificar a las especies arvenses se consideraron a aquellas que fueran catalogadas como tales por al menos tres de cuatro autores: Castillo-Argüero *et al.* (2004), Espinosa-García y Sarukhán (1997), Villaseñor y Espinosa-García (1998) y Rzedowski y Rzedowski (1979, 1985 y 1990; ver referencias en Espinosa-García y Sarukhán, 1997). Para diferenciar a las plantas arvenses nativas de México de las exóticas, en este trabajo se distinguirán a las plantas exóticas en un grupo aparte, a pesar de su carácter arvense. Para ello, se tomó en cuenta el listado de plantas exóticas a la República Mexicana de Villaseñor y Espinosa-García (2004).

Se calculó el índice de similitud de Sørensen (Krebs, 1989) para comparar la composición florística de las tres zonas.

Costos

Los costos para este proyecto fueron calculados con base al salario mínimo de 2005, de acuerdo al Diario Oficial de la Federación. Este análisis no tomó en cuenta la depreciación del uso de equipo y materiales por lo que sólo es una aproximación de los valores reales. En este proyecto, la mayoría de estos servicios fueron subsidiados gracias al apoyo de diversas instituciones de la Universidad Nacional Autónoma de México y a la mano de obra proporcionada por decenas de voluntarios (Tabla 3).

Resultados

Riqueza específica y composición de especies

En la ZN se registraron 50 especies de plantas, de las cuales 42 (84.0%) son no arvenses, seis (12.0%) son arvenses y sólo dos (4.0%) son exóticas (Tabla 4). Por su parte, la zona A8 registró 76 especies, de las cuales 48 (63.2%) son no arvenses, 19 (25.0%) son arvenses y nueve (11.8%) son exóticas; en tanto que A11 registró sólo 39 especies, de las cuales 21 (53.8%) son no arvenses, nueve (23.1%) son arvenses y otras nueve son exóticas (Tabla 4).

El índice de similitud de Sørensen más alto se registró entre las zonas A8 y A11 (0.54) y la ZN presentó mayor similitud con A11 (0.49) que con A8 (0.46).

Tabla 2. Número de asistentes, horas hombre de esfuerzo y material retirado durante la jornadas de limpieza realizadas en la dos zona deterioradas, a) Zona de Amortiguamiento 8, del 23 de abril de 2005 al 28 de abril de 2007, b) Zona de Amortiguamiento 11, del 14 de octubre de 2006 al 26 de mayo de 2007.

a) Zona de Amortiguamiento 8

Jornada	Fecha	No. Asistentes	h hombre	Material Retirado (m ³)
1	23/abr/05	76	456	57.73
2	07/may/05	34	204	25.03
3	21/may/05	20	120	21.85
4	27/ago/05	3	18	6.00
5	10/sep/05	56	336	22.07
6	24/sep/05	22	132	12.00
7	20/nov/05	24	144	19.62
8	23/sep/06	20	120	3.8
9	4/nov/06	45	270	10.3
10	17/mar/07	30	180	2.3
11	28/abr/07	15	90	3.0
Total		345	2,070	179.7

b) Zona de Amortiguamiento 11

Jornada	Fecha	No. Asistentes	h hombre	Material Retirado (m ³)
1	14/oct/06	30	180	6.2
2	02/dic/06	10	60	3.2
3	14/abr/07	5	30	2.0
4	26/may/07	8	40	2.4
Total		53	310	13.8

Tabla 3. Costos del proyecto de restauración ecológica de las Zonas de Amortiguamiento 8 y 11 de la REPSA.

a) Zona de Amortiguamiento 8

Actividad	Herramientas y materiales	Costo (pesos)	Apoyo Institucional
Retiro de eucaliptos			
	Cuadrilla 1	12,000	D.G.O.C. ¹
	Cuadrilla 2	12,000	D.G.O.C. ¹
	Planta de composta	12,000	D.G.O.C. ¹
Subtotal		36,000	
Retiro de desechos			
	Camión retiro desechos	12,800	D.G.S.G. ²
	Carteles de difusión	2,500	F. Ciencias ³
	Equipo de jardinería	12,000	F. Ciencias ³
	Mano de obra	16,249	Voluntarios
	Viveres	12,000	F. Ciencias ³
	Transporte de material	2,500	F. Ciencias ³
Subtotal		58,049	
TOTAL		94,049	

b) Zona de Amortiguamiento 11

Actividad	Herramientas y materiales	Costo (pesos)	Apoyo Institucional
Retiro de desechos	Camión para retiro de desechos	800	D.G.S.G. ²
	Carteles de difusión	1,800	F. Ciencias ³
	Equipo de jardinería	8,000	F. Ciencias ³
	Mano de obra	1,814	Voluntarios
	Viveres	4,000	F. Ciencias ³
	Transporte material	2,500	
TOTAL		18,914	

¹ Dirección General de Obras y Conservación² Dirección General de Servicios Generales³ Facultad de Ciencias⁴ Instituto de Ecología

Tabla 4. Listado de especies no arvenses (NA), arvenses (A) y exóticas (E) en tres sitios de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Zona Núcleo (ZN), Zona de Amortiguamiento A8 (A8) y Zona de Amortiguamiento A11 (A11), todas ellas registradas entre marzo de 2005 y julio de 2007. Las especies de plantas están ordenadas alfabéticamente de acuerdo con su familia, especie y tipo.

Especie	Familia	Tipo de planta	Sitio		
			A8	A11	ZN
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	Agavaceae	NA			x
<i>Manfreda scabra</i> (Ortega) Mc Vaugh	Agavaceae	NA	x	x	x
<i>Iresine cassiniiformis</i> Shauer	Amaranthaceae	NA	x		
<i>Iresine diffusa</i> Humb. et Bonpl. ex Willd.	Amaranthaceae	NA	x		
<i>Arracacia toluensis</i> (Kunth) Hemsl.	Apiaceae	NA			x
<i>Asclepia linaria</i> Cav.	Asclepiadaceae	NA	x		
<i>Metastelma angustifolium</i> Torr.	Asclepiadaceae	NA	x		x
<i>Baccharis serraefolia</i> DC.	Asteraceae	NA	x	x	x
<i>Baccharis sordescens</i> DC.	Asteraceae	NA	x		
<i>Conyza sophiifolia</i> Kunth	Asteraceae	NA	x		
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	Asteraceae	NA	x	x	x
<i>Dahlia pinnata</i> Cav.	Asteraceae	NA			x
<i>Eupatorium adenophorum</i> Spreng	Asteraceae	NA			x
<i>Eupatorium hebebotryum</i> (DC.) Hemsl	Asteraceae	NA		x	
<i>Eupatorium petiolare</i> Moc. et Sessé ex DC.	Asteraceae	NA	x		x
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	Asteraceae	NA	x	x	x
<i>Gnaphalium falcatum</i> Lam	Asteraceae	NA			x
<i>Gnaphalium oxiphyllum</i> DC.	Asteraceae	NA		x	
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	Asteraceae	NA	x	x	
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	Asteraceae	NA	x		x
<i>Senecio praecox</i> (Cav.) DC.	Asteraceae	NA	x	x	x
<i>Verbesina virgata</i> Cav.	Asteraceae	NA	x	x	x
<i>Begonia gracilis</i> Kunth	Begoniaceae	NA			x
<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	Cactaceae	NA	x	x	x
<i>Commelina diffusa</i> Burm. F.	Commelinaceae	NA			x
<i>Gibasis linearis</i> (Benth.) Rohweder	Commelinaceae	NA	x		
<i>Ipomea cristulata</i> Lam.	Covulvaceae	NA	x		
<i>Ipomea hederifolia</i> L.	Covulvaceae	NA	x		x
<i>Ipomea purpurea</i> (L.) Roth	Covulvaceae	NA			x
<i>Echeveria gibbiflora</i> DC.	Crassulaceae	NA	x	x	x
<i>Sedum moranense</i> Kunth	Crassulaceae	NA			x
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cupressaceae	NA	x		
<i>Cyperus odoratus</i> L.	Cyperaceae	NA	x		
<i>Dioscorea galeottiana</i> Kunth	Dioscoreaceae	NA	x	x	x
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ort.) Sarg.	Fabaceae	NA	x	x	x
<i>Phaseolus pauciflorus</i> Sessé et Moc.	Fabaceae	NA	x		
<i>Phaseolus pluriflorus</i> Mârechal, Mascherpa et Stanier	Fabaceae	NA	x		

Especie	Familia	Tipo de planta	Sitio		
			A8	A11	ZN
<i>Quercus deserticola</i> Trel.	Fabaceae	NA			x
<i>Salvia mexicana</i> Sessé et Moc.	Lamiaceae	NA	x	x	x
<i>Buddleia cordata</i> Kunth	Loganiaceae	NA	x	x	x
<i>Buddleia parviflora</i> Kunth	Loganiaceae	NA	x		
<i>Gaudichaudia cyananchoides</i> Kunth	Malpighiaceae	NA	x		
<i>Sphaeralcea angustifolia</i> (Cav.) G.Don	Malvaceae	NA	x		
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Oleaceae	NA	x	x	
<i>Oxalis divergens</i> Benth. ex Lindl.	Oxalidaceae	NA	x		
<i>Passiflora subpeltata</i> Ortega	Passifloraceae	NA	x	x	x
<i>Plumbago pulchella</i> Boiss.	Plumbaginaceae	NA	x		x
<i>Buchloe dactyloides</i> (Nutt.) Engelm.	Poaceae	NA	x		
<i>Muhlenbergia robusta</i> (E.Fourn.) Hitchc.	Poaceae	NA	x	x	x
<i>Paspalum tenellum</i> Willd.	Poaceae	NA	x		
<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) P. Beauv.	Poaceae	NA	x		
<i>Sporobolus atrovirens</i> Kunth.	Poaceae	NA	x		
<i>Flevodium areolatum</i> (Humb. Et Bonpl. Ex Willd.) J. Sm.	Polypodiaceae	NA			x
<i>Phlevodium areolatum</i> (Humb. Et Bonpl. Ex Willd.) J. Sm.	Polypodiaceae	NA	x		
<i>Polypodium polypodioides</i> (L.) Watt	Polypodiaceae	NA			x
<i>Polypodium thysanolepis</i> A. Braun ex Klotzsch	Polypodiaceae	NA			x
<i>Adiantum concinnum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Pteridaceae	NA			x
<i>Cheilantes bonariensis</i> (Willd.) Proctor	Pteridaceae	NA			x
<i>Cheilantes farinosa</i> (Forssk.) Kaulf.	Pteridaceae	NA			x
<i>Cheilantes lendigera</i> (Cav.) Sw.	Pteridaceae	NA			x
<i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath	Pteridaceae	NA			x
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Rosaceae	NA	x		
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schlttdl.	Rubiaceae	NA	x		x
<i>Crusea longiflora</i> (Willd. ex Roem. et Schult.) W.R. Anderson	Rubiaceae	NA	x		
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Sapindaceae	NA	x	x	x
<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. Et Greville) Spring	Selaginellaceae	NA			x
<i>Datura stramonium</i> L.	Solanaceae	NA	x		
<i>Jaltomata procumbens</i> (Cav.) J.L.Gentry	Solanaceae	NA	x	x	x
<i>Cissus sicyoides</i> L.	Vitaceae	NA	x	x	x
<i>Dicliptera peduncularis</i> Nees	Acanthaceae	A	x		
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae	A	x		
<i>Bidens odorata</i> Cav.	Asteraceae	A	x		
<i>Bidens serrulata</i> (Poir.) Desf.	Asteraceae	A	x	x	x
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	Asteraceae	A	x		
<i>Conyza coronopifolia</i> Kunth	Asteraceae	A	x		
<i>Tithonia tubaeformis</i> (Jacq.) Cass.	Asteraceae	A		x	
<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	Asteraceae	A	x		
<i>Lepidium sordidum</i> A. Gray	Brassicaceae	A	x	x	
<i>Commelina coelestis</i> Willd.	Commelinaceae	A	x		x

Especie	Familia	Tipo de planta	Sitio		
			A8	A11	ZN
<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schelcht	Commelinaceae	A	x		x
<i>Sicyos deppei</i> G. Don	Curcubitaceae	A	x		
<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	Geraniaceae	A	x	x	
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz et Pav.) Kunth	Hydrophyllaceae	A		x	x
<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl	Lamiaceae	A	x	x	
<i>Cuphea aequipetala</i> Cav.	Lythraceae	A	x		
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlttdl.	Malvaceae	A	x		
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae	A	x		
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	Nyctaginaceae	A	x	x	
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	Phytolaccaceae	A	x	x	
<i>Bromus carinatus</i> Hook. et Arn.	Poaceae	A	x	x	x
<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	Polemoniaceae	A			x
<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	E	x		
<i>Picris echioides</i> L.	Asteraceae	E		x	
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	E	x		
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	E	x	x	
<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R.Br.	Lamiaceae	E	x		
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	Myrtaceae	E	x	x	x
<i>Eucalyptus</i> spp.	Myrtaceae	E	x		
<i>Digitaria ternata</i> (A. Rich.) Stapf	Poaceae	E	x	x	
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Poaceae	E	x	x	x
<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.	Poaceae	E		x	
<i>Reseda luteola</i> L.	Resedaceae	E	x	x	
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Solanaceae	E		x	
<i>Tropaeolum majus</i> L.	Tropaeolaceae	E		x	

En general, la riqueza de especies detectada con la línea de Canfield oscila en los tres sitios de estudio, pero en la ZN alcanzó sus valores máximos en julio, mientras que la zona A8 registró sus valores máximos de riqueza específica en diciembre de 2005, en noviembre de 2006 y en julio de 2007 (Fig. 2a). La zona A11 registró sus valores máximos de riqueza específica en diciembre de 2006 y en junio de 2007 (Fig. 2a). Durante casi todo el periodo de estudio la zona A8 registró mayor riqueza total de especies que la ZN y A11, y la ZN registró mayor riqueza que A11.

De septiembre de 2006 a junio de 2007 la ZN registró casi siempre un número mayor de especies de plantas no arvenses que A8 y A11, y A8 tuvo más especies de este tipo que A11 (Fig. 2b). Por otro lado, en el mismo

periodo A8 es el sitio que registra más especies arvenses que A11 y ZN, y A11 mayor número de especies de este tipo que ZN (Fig. 2c). En A11 tanto el número de especies arvenses y no arvenses se incrementa en el año de estudio, y es evidente que ambos tipos de especies incrementan su riqueza de marzo a diciembre de 2005 en A8 (Figs. 2b y c).

Estructura de la comunidad

La remoción de eucaliptos en A8 provocó una disminución inmediata de su cobertura de 48.0 a 3.8%, lo cual estuvo acompañado con aumento de la cobertura relativa de *P. clandestinum* y *Montanoa tomentosa* Cerv. (Asteraceae), *Buddleia cordata* Kunth (Loganiaceae), y otras plantas no arvenses y arvenses (Fig. 3a). Aunque

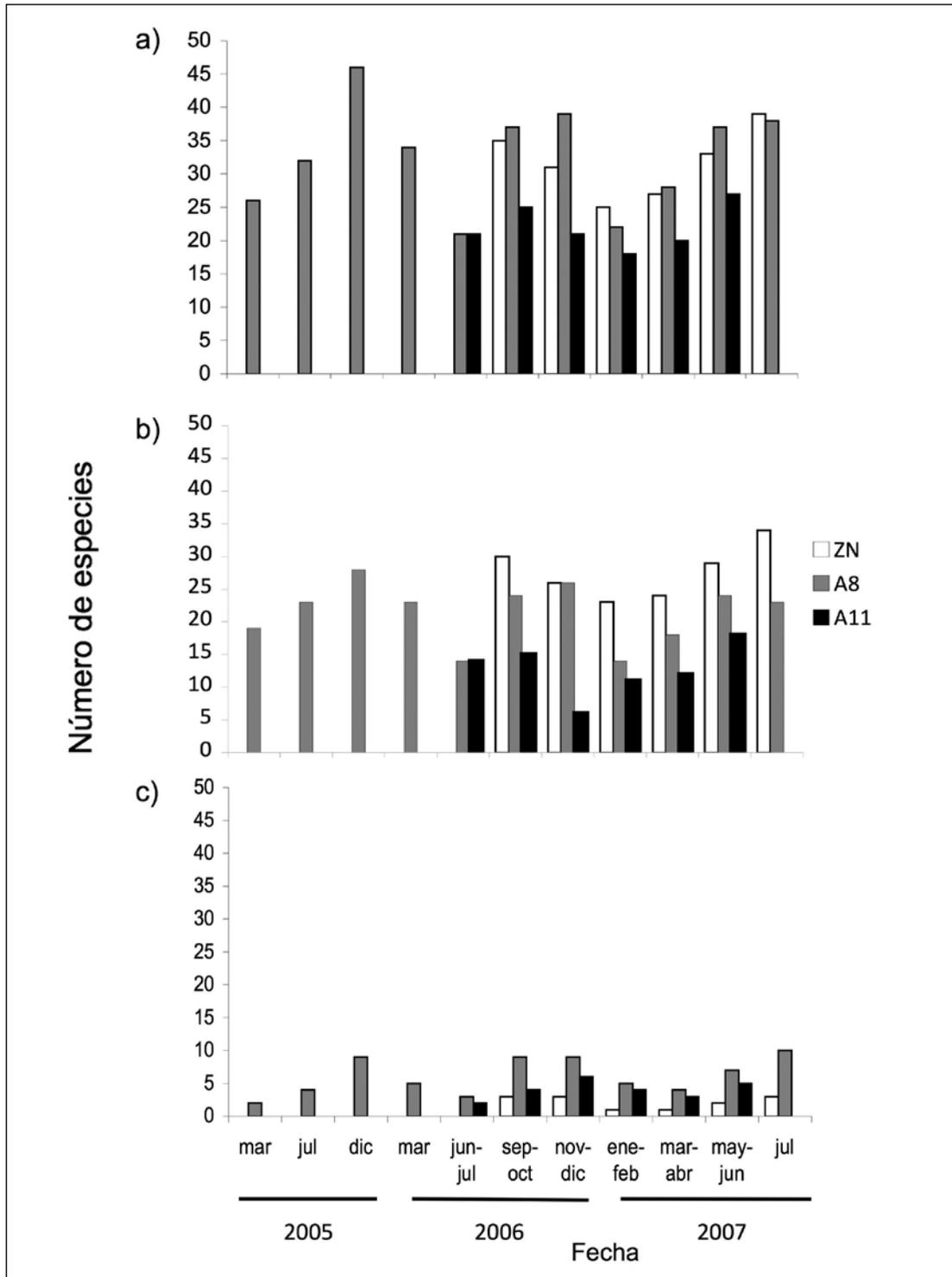


FIG. 2. Patrón de cambio temporal en varios atributos de la comunidad vegetal en una zona conservada localizada en una zona núcleo (ZN) y dos sitios sujetos a restauración ecológica: la Zona de Amortiguamiento 8 (A8) y la Zona de Amortiguamiento 11 (A11) de la Reserva del Pedregal. a) Riqueza específica total. b) Riqueza específica de plantas no arvenses. c) Riqueza específica de plantas arvenses.

la cobertura relativa de *M. tomentosa* aumentó inicialmente hasta alcanzar un alto valor en marzo de 2006, ésta tendió a reducirse posteriormente. Otras especies con una cobertura importante fueron *Schinus molle* L. (Anarcadiaceae) y *Cissus sicyoides* L. (Vitaceae). En este sitio el control de *M. jalapa* logró reducir su cobertura relativa de 6.4% registrado en julio de 2005 a 3.6% en septiembre de 2006.

El sitio A11, a más de 14 meses después de la adición de rocas basálticas muestra un dominancia de *Phytolacca icosandra* L. (Phytolaccaceae), *Eucalyptus* spp. y *P. clandestinum* (Fig. 3b). Las labores de control de ésta última especie se ha reflejado en una disminución de su cobertura en el periodo de estudio, de 29.0 a 23.4%; sin embargo, *Eucalyptus* spp. incrementó su cobertura de 1.5 a 2.7% (Fig 3b). Otras especies que tienen una cobertura importante fueron, en orden decreciente: *B. cordata*, *Nicotiana glauca* Graham (Solanaceae), *Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg. (Fabaceae), *Passiflora subpeltata* Ortega (Passifloraceae), *R. communis* y *Verbesina virgata* Cav. (Poaceae)

Por su parte, en la ZN las especies dominantes fueron *Dodonaea viscosa* Jacq. (Sapindaceae), *C. sicyoides*, *M. robusta* y *Senecio praecox* (Cav.) DC. (Asteraceae) (todas no arvenses) (Fig. 3c); sin embargo se mantiene una cobertura de 5.6 a 8.5% de *Eucalyptus* spp., aunque otras especies no arvenses mantienen alta cobertura relativa en todo el periodo de estudio (Fig. 4c).

La cobertura de plantas no arvenses en la ZN se mantiene por encima del 80% variando muy poco durante el periodo de registro, manteniendo baja cobertura de las plantas exóticas (Fig. 4c). La zona A11, por su parte, ha experimentado un incremento en la cobertura relativa de las plantas no arvenses de 26.6 a 40.5% y de arvenses de 4.5 a 9.6%, a costa de las plantas exóticas, cuya cobertura ha disminuido en el periodo de 57.6 a 47.8% (Fig. 4b). Por otro lado, la zona A8 ha experimentado una reducción en la cobertura de plantas exóticas de 73.9 a 33.2 %, lo cual conlleva a un incremento de cobertura sobre todo de especies no arvenses de 25.8 a 48.9%. Las plantas arvenses también experimentaron un incremento de 0.3 a 17.9%, aunque su dominancia muestra variaciones drásticas entre muestreos (Fig. 4a). La zona A8 registró su mayor parecido a la ZN en julio de 2005, justo después de la remoción de eucaliptos, estructura que no ha logrado tener desde entonces (Figs. 4a y c).

Costos

El costo calculado de las acciones de restauración para la zona A8 fue de \$94,049.00 moneda nacional (Tabla 3a). El 38% de los costos fue en concepto de remoción de eucaliptos y el 62% por retiro de desechos. El costo calculado de las acciones de restauración en la zona A11 ha sido de \$18,914 moneda nacional (Tabla 3b).

Discusión

Factores importantes para la restauración ecológica del Pedregal de San Ángel

Los datos mostrados en este trabajo muestran evidencias de recuperación de las zonas sujetas a restauración de las Zonas de Amortiguamiento A8 y A11. Dado que se careció de controles en este ensayo no se puede dilucidar el efecto de cada acción sobre la recuperación del ecosistema; sin embargo, se sugiere que las acciones más importantes para alcanzar los logros descritos fueron el control de las plantas exóticas (sobre todo en la zona A8) y la recuperación del sustrato (sobre todo en A11), sin soslayar la importancia de la extracción de desechos orgánicos e inorgánicos en ambos sitios, según se discute a continuación. La introducción de especies en A8 no tuvo los resultados esperados, ya que de las 430 plántulas introducidas en agosto y septiembre de 2005, sólo sobrevivieron 12 en julio de 2007 y de las 584 plántulas introducidas en julio de 2006, sólo sobrevivieron 60 en julio de 2007 (M. Peña, en prep.). El voleo de semillas de *M. robusta* en una zona donde esta planta estaba ausente logró que la cobertura de esta especie fuera detectada en el muestreo de diciembre de 2005 (189 cm de cobertura).

El papel del control de exóticas y de la recuperación de sustrato

El sitio A8. El factor clave para la restauración del sitio A8 fue la remoción de eucaliptos. Esta remoción promovió un drástico cambio inmediato del paisaje y de las condiciones abióticas del sotobosque, de modo que se logró incrementar la riqueza específica de especies nativas, tal como lo demostraron experimentalmente Segura y Meave (2001). El retiro de eucaliptos propició la reducción drástica (que no su eliminación) de su efecto

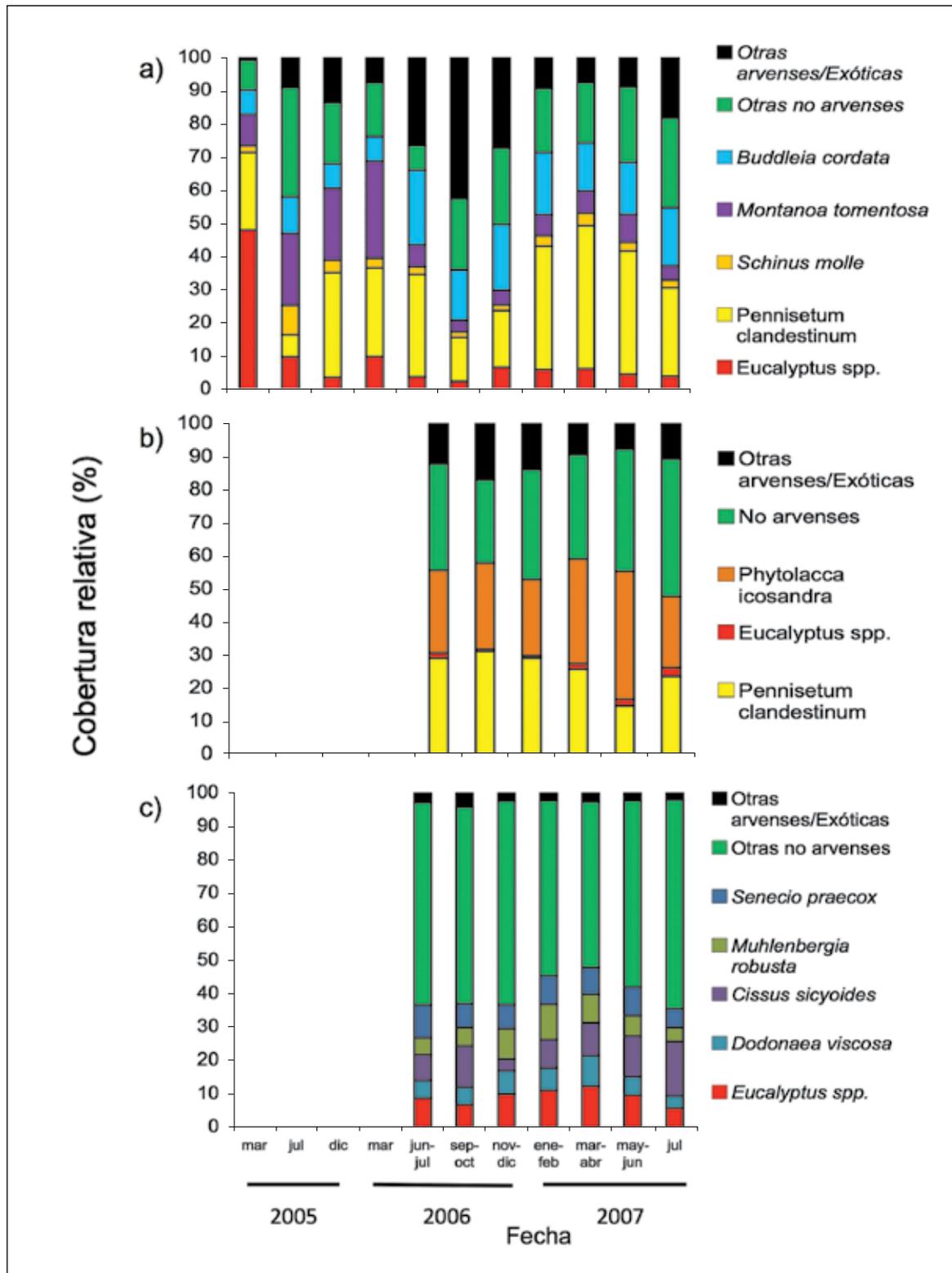


FIG. 3. Patrón de cambio temporal en la cobertura relativa de la comunidad vegetal en dos sitios sujetos a restauración ecológica y una zona conservada de referencia de la Reserva del Pedregal. a) Zona de Amortiguamiento 8. b) Zona de Amortiguamiento 11. c) Zona conservada localizada en una zona núcleo.

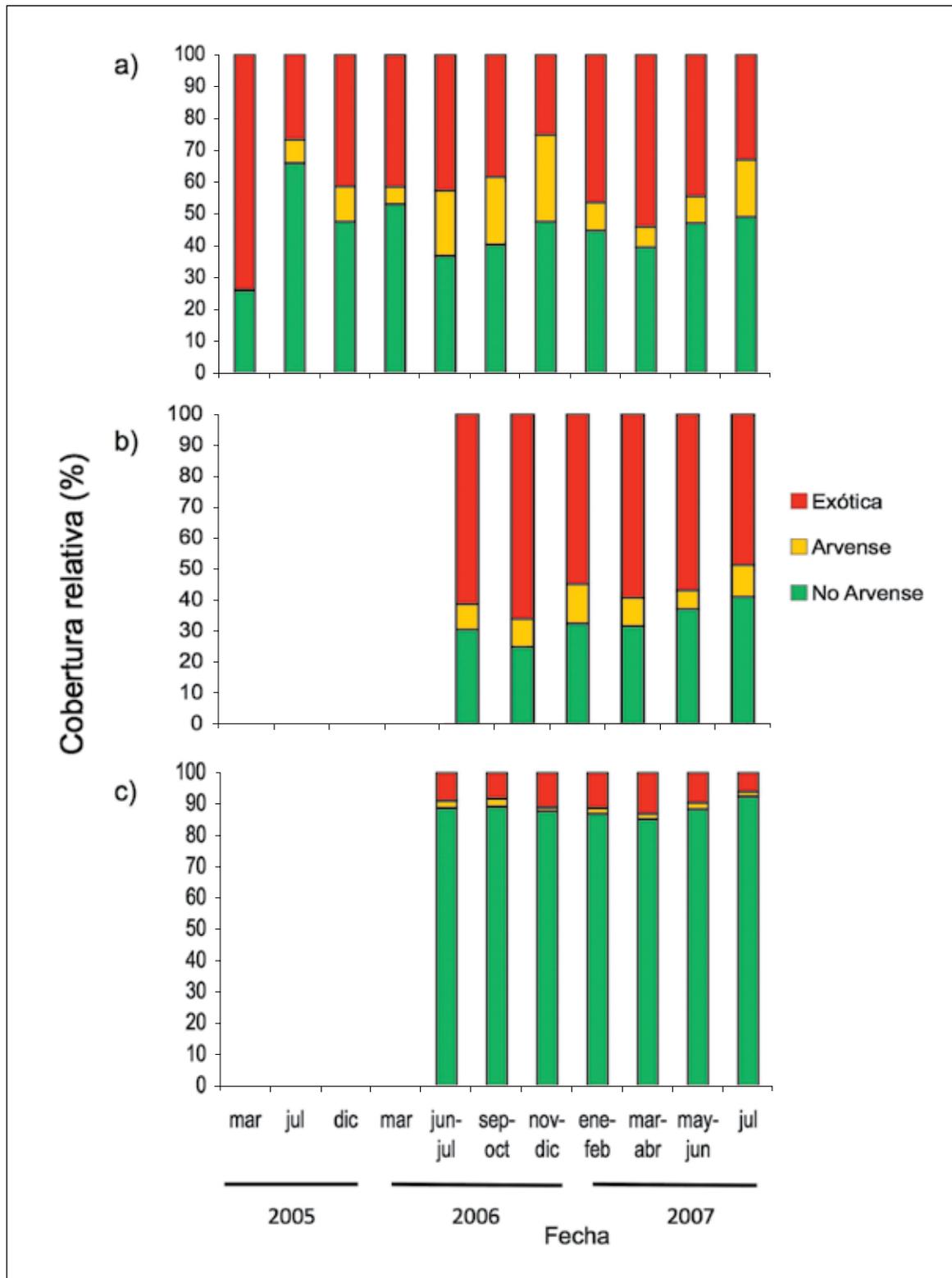


FIG. 4. Patrón de cambio temporal en la cobertura relativa por tipo de plantas en dos sitios sujetos a restauración ecológica y una zona conservada de referencia de la Reserva del Pedregal. a. Zona de Amortiguamiento 8. b. Zona de Amortiguamiento 11. c. Zona conservada localizada en una zona núcleo.

competitivo en términos de disponibilidad de radiación solar, espacio, agua y nutrientes, así como de los efectos tóxicos de sus lixiviados aleloquímicos capaces de afectar negativamente a otras especies de plantas (Espinoza-García, 1996). La reducción de la cobertura de eucaliptos permitió que se abrieran espacios de colonización que favorecieron el desarrollo de especies tanto no arvenses como arvenses (Figs. 3a y 4a). La estructura de la comunidad que tuvo este sitio en diciembre de 2005 en términos del alto número de especies de plantas que se registraron (Fig. 2a), así como del alto número de especies (Fig. 2b) y cobertura relativa de plantas nativas no arvenses (Fig. 4a) puede ser explicado sobre todo por la apertura de espacios de colonización al remover eucaliptos, hecho que no se repitió posteriormente, posiblemente debido a la intensa competencia que se generó provocando la exclusión o reducción de cobertura de ciertas especies.

La comunidad vegetal de este sitio registró una mayor similitud con el sitio A11 que con la ZN, lo cual se debe a que ambos sitios comparten 12 especies de plantas arvenses y exóticas.

La restauración completa de este sitio tardará probablemente más de una década debido a su aislamiento del resto de la Reserva Ecológica, por lo que su recuperación completa dependerá de que (1) se supriman las fuentes de disturbio, (2) se continúe con un programa de control de plantas exóticas y arvenses, (3) se facilite la presencia de un sustrato basáltico por adición (en las zonas cubiertas por cascajo y pasto kikuyo) o por recuperación (extrayendo el material no consolidado que se ha acumulado), (4) se introduzcan plantas juveniles y se siembren semillas de una gran variedad de especies nativas y no arvenses, y (5) se protejan las áreas verdes de vegetación natural que rodean este sitio. Se sugiere que en las zonas donde domine el pasto kikuyo sobre cascajo, se coloque una malla negra para evitar la incidencia de radiación solar y encima de ésta una cubierta de roca basáltica limpia. En este sitio se considera que la recuperación de sustrato basáltico ha tenido un papel secundario pero importante, ya que cada metro cuadrado que se recupera facilita la colonización de plantas nativas, tal como lo ha demostrado la experiencia que se tiene con el área A11.

El sitio A11. El factor clave para la restauración ecológica en el sitio A11 fue la recuperación del sustrato basáltico logrado mediante la extracción del material no consolidado que se añadió para construir el estacionamiento, de modo que se logró recuperar parte del sustrato volcánico original, así como la adición de rocas basálticas en las áreas en las que el basalto estaba a una profundidad mayor a 3 m.

La recuperación de un sustrato basáltico tiene dos objetivos para un ecosistema asentado en pedregales: (1) recuperar el paisaje, y (2) favorecer la colonización de especies de plantas adaptadas a este tipo de sustrato. Este tipo de manejo ha sido adoptado por el Gobierno del Distrito Federal para recuperar algunas áreas verdes urbanas que mantienen sustrato basáltico en el sur de la ciudad de México. Desafortunadamente, en Ciudad Universitaria aún continúa la desastrosa costumbre del personal de jardinería de rellenar las áreas verdes cubiertas por sustrato basáltico y vegetación natural con los desechos de jardinería. Sería muy importante dar una capacitación adecuada a este tipo de personal para evitar estas actividades. Por otro lado, es lamentable que los cargamentos de roca añadidos a la zona A11 estuvieran acompañados por material no consolidado que acarrea propágulos de plantas exóticas (p. ej., rizomas de pasto kikuyo y probablemente semillas de plantas no registradas). Si estas rocas hubieran sido introducidas de manera "limpia", posiblemente las acciones posteriores de restauración no hubieran sido necesarias.

El control posterior de las plantas exóticas en este sitio favoreció el incremento en cobertura de 21 especies no arvenses, como *B. cordata*, *C. sycioides* y *P. subpeltata*, que en conjunto elevaron su dominancia de 26.6 a 40.5%. También se vio favorecida la arvense *P. icosandra*, que resultó ser una planta dominante en estas etapas de sucesión.

Este sitio mantiene una ligera mayor similitud con la ZN (0.49) que la que tiene el área A8 con ZN, esto debido a la cercanía que mantienen entre sí los dos primeros.

El patrón de cambio de cobertura de especies no arvenses ha ido incrementándose en este sitio, así como el número de especies de plantas nativas. La cobertura de plantas no arvenses se ha incrementado a una razón promedio de 1.7% de cobertura por mes y en 36 meses

ha logrado ser colonizada por al menos 30 especies de plantas no arvenses. De este modo, se calcula que si se mantiene el programa de control de plantas exóticas y la extracción de material no consolidado que favorece la presencia de este tipo de plantas, se espera que la estructura de la comunidad se restablezca en menos de cinco años. Esto se espera dado el contacto que tiene esta área con la Zona Núcleo Poniente de la REPSA, lo cual facilita el arribo de propágulos por viento, agua y animales.

Primack y Massardo (2001) sugieren, al igual que este trabajo, que una vez que el agente de daño se remueve o se controla, las comunidades originales pueden restablecerse por procesos de sucesión natural a partir de poblaciones remanentes. En este caso, un agente de daño lo constituyen las especies de plantas arvenses y exóticas que tienen un potencial efecto invasivo y nocivo que afectarían a las plantas nativas del ecosistema del Pedregal.

Costos

Las acciones de restauración ecológica conllevan costos en términos de tiempo, esfuerzo y dinero. Las acciones de restauración llevadas a cabo a la fecha han tenido un costo de \$112,963.00 pesos, pero pudieron ser mantenidas con la participación de más de 200 voluntarios que ofrecieron un esfuerzo acumulado de 2,380 horas. Lo que hace redituable esta actividad a largo plazo es la posibilidad de mantener los servicios ambientales que ofrece un ecosistema a muchas generaciones de seres humanos. Este último aspecto permite sostener que los beneficios que ofrece un ecosistema restaurado a largo plazo siempre serán mayores a los costos que tengan las

acciones de restauración. Este hecho, aunado a que el valor del ecosistema del Pedregal de San Ángel se incrementa conforme se reduce su superficie asociada al cambio de uso de suelo para diversas actividades humanas, sugiere que es adecuado iniciar con labores de restauración en estas zonas de la manera más oportuna posible. Los costos de las acciones de restauración ecológica pueden ser elevados; sin embargo, si se fomenta la participación de instituciones, autoridades y la comunidad universitaria, estos costos pueden ser repartidos entre un mayor número de actores de la sociedad: estudiantes, profesores, trabajadores y autoridades.

El papel de las jornadas de limpieza

Las jornadas de limpieza jugaron dos roles importantes para la restauración ecológica: (1) reducir los elevados costos que requeriría un esfuerzo de esta magnitud para recuperar el ecosistema, y (2) mantener un sentimiento de apropiación del ecosistema con la sociedad. La garantía de la protección de un ecosistema depende de que la comunidad humana lo conozca y lo haga suyo (ver Gould, 1993). Esta apropiación se logra mediante el acercamiento de la comunidad universitaria a su Reserva Ecológica; además, establece lazos sociales entre los actores que participan en la restauración, y sensibiliza a la sociedad para evitar conductas inadecuadas con el medio ambiente (ver Carabias *et al.*, 2008). Además, permite que una mayor cantidad de personas se autoerijan como vigilantes o monitores universitarios de la zona, lo cual incrementa las posibilidades de protección. Es por ello que la educación sobre la historia natural y el valor de los ecosistemas dirigidos a estudiantes permiten una participación más activa de este sector (Bradshaw, 2002).

Agradecimientos

Le agradecemos todos los voluntarios que participaron en las Jornadas de Limpieza de la Reserva su apoyo y entusiasmo desinteresado. A Jessica Villanueva y a Angélica Macías Oliva por su apoyo en la organización de las Jornadas de Limpieza. Al Ing. Martínez Sigüenza y a la Coordinación de Áreas Verdes y Forestación de la Dirección General de Obras y Conservación (UNAM) por su ayuda para la remoción de eucaliptos. A la Dra. Ma. Elena Llarena del Rosario, a la Dirección de Protección Civil (UNAM) y al Dr. Antonio Lot, Secretario Ejecutivo de la REPSA, por el apoyo logístico a las actividades de restauración. Al M. en C. Pedro Eloy Mendoza y al Dr. Jorge Meave por sus valiosas contribuciones para recuperar el sitio de estudio en el área A11. Al Prof. Moisés Roble por su valioso apoyo a la difusión, obtención de insumos y participación en las Jornadas de Limpieza. Este estudio fue financiado por el proyecto PAPIIT-UNAM IN222006, el cual apoyó con becas-tesis a JAG, MP y MV.

Literatura citada

- BRADSHAW, A. D. 2002. Introduction and philosophy. Pp. 3-9, en: Perrow, M. y A. Davy (eds.). Handbook of ecological restoration, vol. 1. Principles of restoration. Cambridge University Press, Cambridge.
- CANO-SANTANA, Z. Y J. MEAVE. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xilte. *Ciencias*, **41**: 41-68.
- CANO-SANTANA, Z., I. PISANTY, S. SEGURA, P. MENDOZA-HERNÁNDEZ, R. LEÓN-RICO, J. SOBERÓN, E. TOVAR, E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. RUIZ Y A. MARTÍNEZ-BALLESTÉ. 2006. Ecología, conservación restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del pedregal del Xilte. Pp. 203-226, en: Oyama, K. y A. Castillo (eds.). Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México. Siglo xxi y Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CARABIAS, J., J. MEAVE, T. VALVERDE Y Z. CANO-SANTANA. 2009. Ecología y medio ambiente en el siglo XXI. Pearson, México.
- CARRILLO T., C. 1995. El Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO-ROMERO, Y. MARTÍNEZ-OREA, P. GUADARRAMA-CHÁVEZ, I. SÁNCHEZ-GALLÉN Y O. NÚÑEZ-CASTILLO. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **74**: 51-75.
- ESPINOSA-GARCÍA, F. 1996. Revisión sobre la alelopatía de *Eucalyptus* L'Herit. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **58**: 55-74.
- ESPINOSA-GARCÍA, F Y J. SARUKHÁN. 1997. Manual de malezas del Valle de México. Ediciones Científicas Universitarias. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica, México.
- GOULD, S. J. 1993. Un atardecer desencantado. Pp. 22-37, en: Ocho Cerditos. Crítica, Barcelona.
- KREBS, C.J. 1989. Ecological methodology. Harper & Row, Nueva York.
- MORRIS, C. (ED.). 1992. Academic press dictionary OS science and technology. Academic Press, San Diego.
- PRIMACK, R. Y F. MASSARDO. 2001. Restauración ecológica. Pp. 559-582, en: Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (eds.). Fundamentos de conservación biológica: Perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica, México.
- SEGURA, S. 1995. Estudio poblacional de *Eucalyptus resinifera* Smith. (Myrtaceae) en la reserva ecológica de El Pedregal de San Ángel, C.U., México, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SEGURA, S. Y J. MEAVE. 2001. Effect of the removal of the exotic *Eucalyptus resinifera* on the floristic composition of a protected xerophytic shrubland in Southern México City. Pp. 319-330, en: Brundu, G., J. Brock, I. Camarda, L. Child y M. Wade (eds.). Plant invasions: species ecology and ecosystem management. Backhuys Publishers, Leiden, Holanda.
- SER, SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Grupo de trabajo sobre ciencias políticas. En: www.ser.org.
- UNAM, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. 2005. Acuerdo por el que se rezonefica, delimita e incrementa la Zona de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. *Gaceta UNAM*, 2 de junio de 2005: 20-21.
- VILLASEÑOR, J. Y F. ESPINOSA-GARCÍA. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica, México.
- VILLASEÑOR, J. Y F. ESPINOSA-GARCÍA. 2004. The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions*, **10**: 113-123.