

Riqueza florística, estado de conservación y densidad de eucaliptos en cinco zonas de amortiguamiento y un área natural no protegida de Ciudad Universitaria

Melina Cecilia Maravilla-Romero y Zenón Cano-Santana

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México
zcs@fciencias.unam.mx

Introducción

La protección de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA) tiene como objetivo primordial preservar uno de los ecosistemas más interesantes en el país, asegurando el equilibrio, la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos y la preservación de las especies. Ésta proporciona diversos servicios ambientales a los habitantes de la ciudad de México y un campo propicio para la investigación (Cano-Santana *et al.*, 2006).

Desde su creación el 30 de septiembre de 1983, la REPSA ha enfrentado diversas transformaciones en su superficie y distribución (Rojo, 1994; de la Fuente, 2005; Cano-Santana *et al.*, 2006, 2008). Dos de los cambios más radicales ocurrieron en 1996 y en 2005. En el primero de ellos, se crearon las llamadas "Áreas Verdes de Manejo Especial" o AVMEs, las cuales en su mayoría eran los camellones de los circuitos universitarios que aún mantenían elementos florísticos naturales propios del ecosistema, así como un sustrato basáltico original; sin embargo, en el decreto que las creaba se especificaba que éstas estuvieran fuera de la Reserva Ecológica (Bye *et al.*, 1996; Sarukhán, 1997). En el segundo, se logró un gran avance: las AVMEs fueron incorporadas casi en toda su superficie dentro de los terrenos asignados como zonas de amortiguamiento de la Reserva Ecológica (de la Fuente, 2005), esto a pesar de la ausencia de datos de la diversidad biótica y estado de conservación de estos sitios.

Las zonas de amortiguamiento son los espacios definidos por su capacidad para minimizar el impacto de las actividades humanas que se realizan en el entorno inmediato a las zonas núcleo de las áreas naturales protegidas, y su finalidad es proteger la integridad de la misma (Hall y Rodgers; 1992). Por lo anterior, la elección, modificaciones y manejo que se haga de las zonas de amortiguamiento pueden afectar de forma trascendente a los elementos bióticos y abióticos del área núcleo. Por ello, estas zonas requieren de un manejo especial que garantice la conservación del área protegida a largo plazo (Moscoso, 2003).

Las zonas de amortiguamiento de la REPSA, al estar expuestas a las actividades humanas, soportan una serie de disturbios que merecen ser valorados. La falta de control en el acceso, la introducción de especies exóticas, la extracción y desplazamiento de especies nativas, el depósito de basura y cascajo, la construcción de nuevos edificios e infraestructura y la ampliación de los circuitos universitarios han traído consigo el deterioro y la fragmentación de dichos sitios.

Desde antes de su creación muchas de estas áreas de amortiguamiento mantienen poblaciones de árboles de eucalipto, una planta exótica de origen australiano, introducida en 1951 en la reforestación de dichos sitios. Esta actividad ha tenido severos efectos negativos sobre la comunidad y el ecosistema de la REPSA (Segura-Burciaga, 1995): (1) las sustancias alelopáticas que liberan al suelo tienen un efecto dañino sobre la microbiota edáfica (Espinosa-García, 1996) y su hojarasca



FIG. 1. Localización de los nueve sitios de estudio. El significado de los símbolos se encuentra en la Tabla 1.

reduce la velocidad de descomposición (Toky y Singh, 1993), (2) las recompensas que ofrecen sus flores provocan la muerte de abejas y abejorros (Cano-Santana *et al.*, 2006); (3) compiten con gran ventaja con las plantas nativas gracias a que registran un rápido crecimiento, un fuerte desarrollo radicular, una alta capacidad de absorción de agua y regeneración de follaje, una evidente resistencia a la sequía, al fuego y a las bajas temperaturas, así como una capacidad de desarrollo exitoso en condiciones de escasez de nutrientes (Pryor, 1976).

En este capítulo se exponen los resultados de un estudio de la valoración de la riqueza florística y estado de conservación de cinco zonas de amortiguamiento de la REPSA, así como de un área natural no protegida adyacente al estacionamiento de profesores de la Facultad de Ciencias con un aparente alto valor para la conservación. Una de las medidas de deterioro que se toma en cuenta, es un análisis de la densidad de eucaliptos en cada sitio de estudio.

Materiales y método

Selección de sitios

Se seleccionaron cinco zonas de amortiguamiento: Bio-médicas (BM), Biológicas (BL), Estadio de Prácticas (EP), Circuito Exterior Norte (N), Circuito Exterior Sur (S) y el área natural no protegida adyacente al estacionamiento de profesores de la Facultad de Ciencias (FC). Como las zonas Circuito Exterior Norte y Circuito Exterior Sur se encuentran fragmentadas éstas se subdividieron de modo que cada uno de sus fragmentos se reconocen como sitios independientes, los cuales fueron denominados como: S1, S2, N1, N2 y N3 (Fig. 1; Tabla 1).

Censo de la flora y estado de conservación

Se llevaron a cabo prospecciones y colectas de las especies vegetales presentes en cada sitio mediante recorridos en cada uno de ellos a partir de junio de 2005 y

Tabla 1. Lista de los sitios de estudio, donde se señala su superficie (ha) y su símbolo.

Zona	Subzona	Símbolo	Superficie (ha)
Facultad de Ciencias		FC	0.97
Circuito Exterior Norte	Circuito Exterior Norte 1	N1	1.04
	Circuito Exterior Norte 2	N2	1.99
	Circuito Exterior Norte 3	N3	0.85
Circuito Exterior Sur	Circuito Exterior Sur 1	S1	1.12
	Circuito Exterior Sur 2	S2	1.39
Estadio de Prácticas		EP	0.64
Biológicas		BL	3.29
Biomédicas		BM	4.45

noviembre de 2006. La clasificación de las especies se basó en la nomenclatura utilizada por Castillo-Argüero *et al.* (2004). Se registraron los disturbios en cada sitio, como presencia de basura, cascajo, fauna nociva, actividad de personas, presencia de indigentes y presencia de caminos y veredas. También se registró cualitativamente la actividad de fauna silvestre (reptiles, aves y mamíferos). Se comparó la composición de especies entre sitios con el índice de similitud de Sørensen (Krebs, 1989), con el cual se construyó un dendrograma mediante el programa BioDiversity Professional ver. 2.

Densidad de eucaliptos

Se hicieron muestreos de la densidad de eucaliptos en noviembre de 2006 como una medida de deterioro con el siguiente método: en FC, EP y N3 se llevó a cabo un censo. En N1, N2, S1, S2 y BL se trazaron cuadros de 10 × 10 cada 10 m a lo largo de transectos de 50 m alineados a 2 m de la línea de borde, que es donde se concentran los eucaliptos. En BM se trazaron transectos en el centro de la zona, ya que allí la distribución de eucaliptos era uniforme. El número de transectos trazados varió de acuerdo con la superficie de cada sitio, a razón de un transecto por ha de terreno. En todos los casos se registró el diámetro a la altura del pecho de todos los árboles de eucalipto que tuvieran una altura mínima de 2 m.

Valor de cada zona para la conservación

Considerando nueve parámetros: la superficie de cada zona, su distancia a la zona núcleo, su riqueza específica, el número de especies nativas, exóticas y malezas, su densidad de eucaliptos, la cantidad de desechos que alberga, la cantidad de caminos, la carga de visitas, la actividad de fauna feral (perros y gatos) y la actividad de fauna silvestre (reptiles, aves y mamíferos), se calculó un índice de valor para la conservación, que denota la suma de puntos que tiene cada sitio por cada parámetro medido. Se le otorga cero puntos al sitio más pobre para la conservación, uno al siguiente, dos al que sigue y así sucesivamente hasta otorgar ocho puntos al sitio más valioso. En caso de que dos sitios tengan el mismo valor en un parámetro, se les asignan a ambos los puntos correspondientes al promedio de la suma de los rangos (ver, p. ej., Cano-Santana *et al.*, 2008).

Resultados

Flora

En las nueve áreas estudiadas se registró un total de 175 especies (Apéndice 1), las cuales pertenecen a 69 familias y 137 géneros. La familia mejor representada

Apéndice 1. Lista de especies vegetales registradas en cada uno de los sitios de estudio. Los símbolos están representados en la Tabla 1. 0 denota ausencia y 1 presencia.

Nombre científico	Familia	FC	N1	N2	N3	S1	S2	EP	BL	BM
<i>Aeonium arboreum</i> (Nich.) Bgr.	Crassulaceae	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	Agavaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ageratum corymbosum</i> Zuccagni	Asteraceae	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schltl.	Malvaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Archibaccharis serratifolia</i> (Kunth) S.F.Blake	Asteraceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Arracacia toluensis</i> (Kunth) Hemsl.	Apiaceae	1	0	1	0	0	0	1	0	1
<i>Asclepias linaria</i> Cav.	Asclepiadaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Asplenium praemorsum</i> Sw.	Aspleaniaceae	0	0	1	1	0	1	0	1	1
<i>Baccharis serraefolia</i> DC.	Asteraceae	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baccharis sordescens</i> DC.	Asteraceae	1	1	0	0	0	1	1	1	0
<i>Begonia gracilis</i> Kunth	Begoniaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Bidens lemmonii</i> A.Gray	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Bidens odorata</i> Cav.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Bidens serrulata</i> (Poir) Desf.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Nyctaginaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltl.	Rubiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Brickellia secundiflora</i> (Lag.) A.Gray	Asteraceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A.Gray	Asteraceae	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Bromus carinatus</i> Hook. et Arn.	Poaceae	0	1	0	1	0	0	0	1	1
<i>Brongniartia intermedia</i> Moric.	Fabaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Buddleia cordata</i> Kunth	Loganiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Bursera cuneata</i> Engl.	Burseraceae	1	1	0	1	1	1	0	1	1
<i>Calliandra grandiflora</i> (L'Her.) Benth.	Mimosaceae	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Calochortus barbatus</i> (Kunth) J.H.Painter	Calochortaceae	1	1	1	1	1	1	0	0	1
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	Sapindaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarinaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Catharanthus</i> sp.	Apocynaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cheilanthes bonariensis</i> (Willd). Proctor.	Adiantaceae	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Cheilanthes lendigera</i> (Cav.) Sw.	Adiantaceae	1	1	1	1	1	1	0	0	1
<i>Cheilanthes myriophylla</i> Desv.	Adiantaceae	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Cheilanthes sinuata</i> (Lag. Ex. Sw.) Domin	Adiantaceae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Chenopodiaceae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cissus sicyoides</i> L.	Vitaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Commelina coelestis</i> Willd. var <i>coelestis</i> Willd.	Commelinaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	Commelinaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Convolvulos arvensis</i> L.	Convolvulaceae	0	0	0	1	0	0	1	0	0

<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	Asteraceae	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Conyza coronopifolia</i> Kunth	Asteraceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Conyza sophiifolia</i> Kunth	Asteraceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	Asteraceae	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	Fabaceae	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Crusea diversifolia</i> (Kunth) W.R.Anderson	Rubiaceae	0	0	0	1	0	1	0	0	1
<i>Crusea longifolia</i> (Willd. ex Roem. et Schult.) W.R.Anderson	Rubiaceae	0	0	1	1	0	1	0	0	1
<i>Cuphea wrightii</i> A.Gray	Lythraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cupressaceae	0	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cyperus seslerioides</i> Kunth	Cyperaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	Woodsiaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dahlia pinnata</i> Cav.	Asteraceae	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Dalea leporina</i> (Aiton) Bullock	Fabaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Datura stramonium</i> L.	Solanaceae	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Dicliptera peduncularis</i> Nees	Acanthaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dioscorea galeottiana</i> Kunth	Dioscoreaceae	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Sapindaceae	1	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Drymaria laxiflora</i> Benth.	Caryophyllaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Echeandia mexicana</i> Cruden	Anthericaceae	0	0	0	1	1	1	0	0	1
<i>Echeveria gibbiflora</i> DC.	Crassulaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link.	Poaceae	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Eruca sativa</i> (L.) Mill.	Brassicaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Erythrina coralloides</i> DC.	Leguminosae	0	1	1	1	0	1	0	1	0
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Myrtaceae	0	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eucalyptus resinifera</i> Smith	Myrtaceae	0	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eupatorium petiolare</i> Moc. et Seseé ex DC.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Euphorbia dentata</i> Michx.	Euphorbiaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Euphorbia graminea</i> Jacq.	Euphorbiaceae	0	0	0	1	0	0	1	0	1
<i>Euphorbia potosina</i> Fernald	Euphorbiaceae	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Fabaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Oleaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Gaudichaudia cynanchoides</i> Kunth	Malpighiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	Geraniaceae	0	0	1	1	0	1	1	0	1
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	Asteraceae	1	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> DC.	Asteraceae	1	1	0	1	0	1	0	1	1
<i>Habenaria novemfida</i> Lindl.	Orchidaceae	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Habranthus concolor</i> Lindl.	Amoryllidaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Heliconia</i> sp.	Heliconiaceae	0	0	0	1	0	1	0	1	1
<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.	Asteraceae	1	0	0	0	0	0	0	0	1

<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth.	Convolvulaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ipomoea</i> sp.	Convolvulaceae	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Ipomoea trifida</i> Kunth	Convolvulaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Iresine cassiniiformis</i> Schauer	Amaranthaceae	1	1	0	1	0	1	1	0	1
<i>Iresine diffusa</i> Humb. et Bonpl. ex Willd.	Amaranthaceae	1	1	1	1	1	1	1	0	1
<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.	Asteraceae	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Lagascea rigida</i> (Cav.) Stuessy	Asteraceae	0	0	1	0	0	1	0	0	1
<i>Lamourouxia</i> sp.	Scrophulariaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R.Br.	Lamiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Lepidium sordidum</i> A. Gray	Brassicaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Lepidium virginicum</i> L.	Brassicaceae	1	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Lilium candidum</i> L.	Liliaceae	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	Onagraceae	0	0	1	0	0	0	0	1	1
<i>Macroptilium gibbosifolium</i> (Ortega) A. Delgado	Fabaceae	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Mammillaria magnimamma</i> Haw.	Cactaceae	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Manfreda scabra</i> (Ortega) McVaugh	Agavaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Medicago sativa</i> L.	Fabaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Metastelma angustifolium</i> Torr.	Asclepiadaceae	0	1	1	0	0	1	0	0	1
<i>Microchloa kunthii</i> Desv.	Poaceae	1	0	0	1	0	0	0	1	1
<i>Milla biflora</i> Cav.	Alliaceae	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	Nyctaginaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Muhlenbergia rigida</i> (Kunth) Kunth	Poaceae	0	0	1	0	1	1	0	0	1
<i>Muhlenbergia robusta</i> (E.Fourn.) Hitchc.	Poaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Solanaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Oenothera pubescens</i> Willd. ex Spreng.	Onagraceae	0	0	0	1	1	1	0	1	1
<i>Oenothera purpusii</i> Munz	Onagraceae	0	0	1	1	0	0	0	1	0
<i>Oenothera rosea</i> L'Her. ex Aiton	Onagraceae	1	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	Cactaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	0	0	0	0	1	1	0	0	1
<i>Oxalis divergens</i> Benth. ex Lindl.	Oxalidaceae	1	1	1	1	0	0	1	0	0
<i>Oxalis tetraphylla</i> Cav.	Oxalidaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Passiflora subpeltata</i> Ortega	Passifloraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Paspalum tenellum</i> Willd.	Poaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Pelargonium zonale</i> (L.) L'Hérit.	Geraniaceae	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath.	Adiantaceae	1	0	1	0	0	1	0	1	1
<i>Pellaea sagittata</i> (Cav.) Link	Adiantaceae	1	0	1	0	0	1	1	0	1
<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link	Adiantaceae	0	0	1	1	0	1	0	1	1
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Poaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Penstemon roseus</i> (Sweet) G. Don	Scrophulariaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Peperomia campyloptropa</i> A.W. Hill	Piperaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	Fabaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0

<i>Phaseolus pauciflorus</i> Seseé et Moc.	Fabaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Phaseolus pedicellatus</i> Benth.	Fabaceae	0	0	1	1	0	1	1	1	1
<i>Phaseolus pluriflorus</i> Marechal, Mascherpa et Stanier	Fabaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Phlebodium areneusum</i> (M. Martens et Galeotti) Mikel et Beitel	Polypodiaceae	1	1	1	1	1	1	0	0	1
<i>Phlebodium areolatum</i> (Humb. Et Bonpl. ex Willd.) J.Sm.	Polypodiaceae	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Physalis coztomatl</i> Dunal	Solanaceae	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	Phytolaccaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Plumbago pulchella</i> Boiss.	Plumbaginaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Polanisia uniglandulosa</i> (Cav.) DC.	Capparaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Polypodium polypodioides</i> (L.) Watt	Polypodiaceae	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polypodium thysanolepis</i> A.Br. ex Klotzsch	Polypodiaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Prunus capuli</i> Cav.	Rosaceae	1	1	0	1	0	0	0	1	1
<i>Quamoclit gracilis</i> Kunth	Convolvulaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Reseda luteola</i> L.	Resedaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E.Hubb.	Poaceae	1	1	1	1	1	1	1	0	1
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Rubus liebmannii</i> Focke	Rosaceae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salvia mexicana</i> Seseé et Moc.	Lamiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl	Lamiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sedum oxypetalum</i> Kunth	Crassulaceae	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Sellaginella lepidophylla</i> (Hook. et Greville) Spring	Sellaginellaceae	1	1	0	1	1	1	0	1	1
<i>Sellaginella sellowii</i> Hieron.	Sellaginellaceae	1	1	0	1	1	1	0	1	1
<i>Senecio praecox</i> (Cav.)DC.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Senna septemtrionalis</i> (Viv.) H.S.Irwin et Barneby	Caesalpinaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Setaria</i> sp.	Poaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sicyos deppei</i> G.Don	Cucurbitaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sisymbrium altissimum</i> L.	Brassicaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae	1	1	1	0	0	0	1	1	1
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Spiranthes cinnabarina</i> (Lex.) Hemsl.	Orchidaceae	1	0	1	1	0	1	0	0	0
<i>Stevia ovata</i> Willd.	Asteraceae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stevia salicifolia</i> Cav.	Asteraceae	1	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Tagetes lunulata</i> Ortega	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Talinum napiforme</i> DC.	Portulacaceae	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	Portulacaceae	0	0	0	1	0	1	1	0	0
<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth	Bignoniaceae	0	1	1	0	0	0	1	1	0
<i>Tigridia pavonia</i> (L.f.) DC.	Iridaceae	0	1	0	0	0	0	0	0	0

<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	Bromeliaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schlecht.	Commelinaceae	0	0	1	0	0	0	1	1	0
<i>Tithonia tubaeformis</i> (Jacq.) Cass.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	Commelinaceae	0	0	0	1	0	1	0	0	1
<i>Tripogandra purpurascens</i> (S.Schauer) Handlos	Commelinaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Tripsacum dactyloides</i> (L.) L.	Poaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tropaeolum majus</i> L.	Tropaeolaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Verbena carolina</i> L.	Verbenaceae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Verbesina virgata</i> Cav.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Villadia misera</i> (Lindl.) R.T.Clausen	Crassulaceae	0	1	1	0	0	1	0	0	1
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz et Pav.) Kunth	Hydrophyllaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Yucca</i> sp.	Agavaceae	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Zephyranthes fosteri</i> Traub	Amoryllidaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Zinnia peruviana</i> (L.)L.	Asteraceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1

fue Asteraceae con 32 especies, seguida de Fabaceae y Poaceae con 10 especies cada una (Fig. 2). La forma de crecimiento dominante es la herbácea con 133 especies, seguida de la arbustiva con 30 especies y la arbórea con 12 especies. Por forma de vida, las criptófitas agruparon 46 especies, seguida de las terófitas con 43 y las hemicriptófitas con 36. Por otra parte, 128 especies fueron perennes y 47 anuales.

Se registraron 125 especies en N3 y BM, 117 en S2, 108 en FC, 106 en N2, 100 en N1, 97 en BL, 91 en S1 y 83 en EP (Apéndice 1).

Se detectó la presencia de especies exóticas, tales como: *Bougainvillea glabra* Choisy, *Catharanthus* sp., *Eucalyptus* spp., *Heliconia* sp., *Lilium candidum* L., *Pelargonium zonale* (L.) L'Hérit., *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. y *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C.E.Hubb. (Apéndice 1).

El índice de similitud de Sørensen varió entre 0.73 y 0.86. Siendo los más altos entre los sitios FC y N1 y entre S1 y S2, en ambos casos con un valor de 0.86. En contraste, los sitios más disímiles fueron N3 y EP (0.73), EP y BM (0.74), y EP y S2 (0.75). El dendrograma obtenido (Fig. 3) muestra que FC, N1, S1 y S2 son los sitios más parecidos. Un segundo grupo está integrado por: BL, N2, N3 y BM. La zona EP es la que presenta el menor grado de parecido con el resto de los sitios.

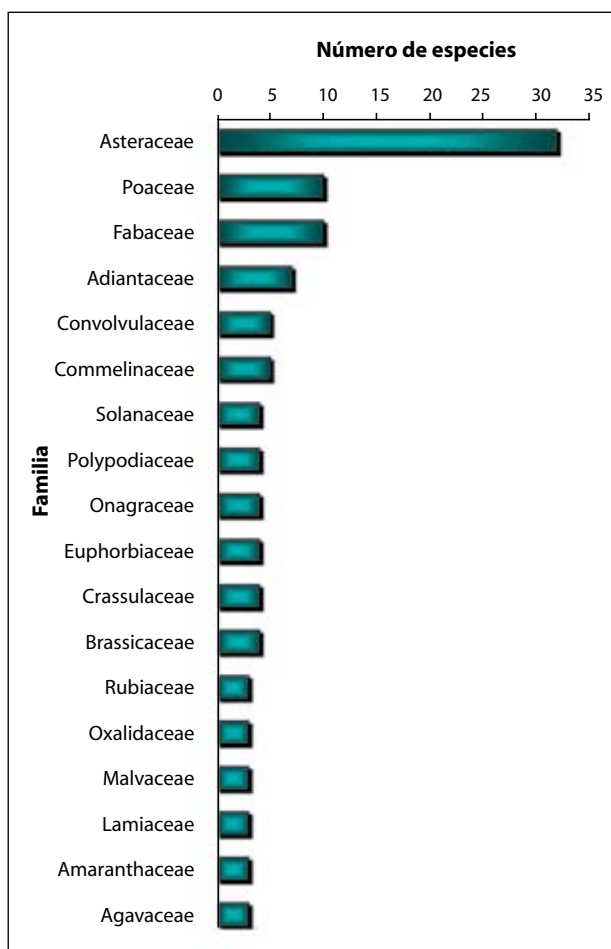


FIG 2. Número de especies por familia registrado en las nueve zonas de estudio.

Estado de conservación y densidad de eucaliptos

Todos los sitios estudiados presentan algún tipo de disturbio (Tabla 2). Los disturbios detectados, ordenados por la frecuencia en la que fueron registrados, fueron: (1) depósito de desechos inorgánicos, (2) depósito de desechos de jardinería, (3) presencia de infraestructura (establecimientos comerciales y caminos pavimentados), (4) presencia de indigentes, (5) depósito de cadáveres de animales domésticos, (6) presencia de sitios de reunión de personas, (7) depósito de cascajo, (8) presencia de veredas, (9) fecalismo al aire libre, e (10) introducción de plantas de ornato.

La densidad de eucaliptos varió de 0 ind/100 m² (registrado en el sitio FC) a 17.3 ind/100 m² (registrado en el sitio N1) (Tabla 3). Los sitios que registran menos de 9 eucaliptos/100 m² fueron, en orden creciente, N3, EP, S2 y S1, en tanto que los que registran más de 9 eucaliptos/100 m² fueron, en orden creciente, BL, N2, BM y N1 (Tabla 3).

Valor de cada zona para la conservación

Con base en los datos del índice de conservación (Tabla 4) se encontró que los sitios más pobres, en orden creciente, fueron: EP (con 17 puntos), S1 (con 26), N3 (29.5), N1 (31), y N2 (con 45), en tanto que los más valiosos fueron, en orden creciente: BL (con 65), BM (62.5), FC (con 61) y S2 (con 59 puntos). El sitio EP basa su valor para la conservación por su cercanía a la zona núcleo y su baja densidad de eucaliptos, en tanto que el sitio BL es muy valioso por su baja cantidad de desechos, caminos, carga de visitas y actividad de fauna feral.

Discusión

El valor de las zonas de amortiguamiento

La elaboración del listado florístico y la detección de los principales disturbios que influyen en el desarrollo y sucesión de estas zonas, permitió cubrir esta primera etapa de conocimiento taxonómico, así como brindar una aproximación sobre la función que desempeñan las zonas de amortiguamiento. Es evidente que estas zonas están sujetas a una serie de presiones de origen antro-

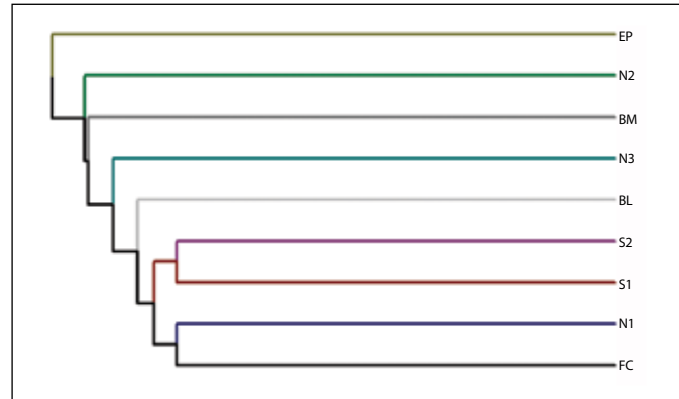


FIG. 3. Dendrograma que relaciona a los sitios de estudio de acuerdo con el índice de similitud de Sørensen.

pogénico que se realizan directamente dentro de su superficie y que de otra forma afectarían directamente a las zonas núcleo.

Las zonas de amortiguamiento minimizan y resguardan a las zonas núcleo de disturbios como: la contaminación auditiva, la acumulación de basura, la carga constante de visitas y la acción de fauna feral, entre otras (Tablas 2 y 4). Asimismo, estas zonas mantienen una alta riqueza específica, resguardando el 51.93% del total de las especies vegetales ya reportadas para la zona núcleo (Castillo-Argüero *et al.*, 2004). La presencia de estas zonas amortiguadoras permite que haya tamaños poblacionales más grandes, mayor viabilidad de las poblaciones silvestres y mayor diversidad en los reservorios genéticos.

El valor del sitio Facultad de Ciencias

El área natural no protegida FC registró un índice de valor para la conservación (61 puntos) más alto que las áreas de amortiguamiento N1, N2, N3, S1, S2 y EP, que registraron entre 17 y 59 puntos (Tabla 4). Sus principales cualidades fueron la ausencia de eucaliptos, presencia de pocas veredas, baja carga de visitantes y alta actividad de fauna silvestre. Por lo anterior, se justifica que este sitio sea considerado seriamente para mantener un estatus de protección a largo plazo.

Tabla 2. Tipos de disturbio que se registran en las nueve áreas verdes de vegetación natural en Ciudad Universitaria.

Sitio	Disturbios detectados
FC	Acumulaciones de basura inorgánica (plásticos, latas, restos de muebles y ropa).
N1	Desechos inorgánicos (ropa, enseres domésticos y cascajo), altares religiosos y desechos de jardinería y cadáveres de animales.
N2	Desechos orgánicos (heces humanas, cadáveres de perros y gatos), presencia de indigentes y lugares de reunión de personas. Su parte central está conservada.
N3	Poca cantidad de basura inorgánica en los bordes del paso peatonal que divide al sitio y que alberga una cafetería. Hay plantas ornamentales sobre todo en su porción noroeste y alrededor de la cafetería.
S1	Montículos de cascajo y basura orgánica e inorgánica (plásticos y latas). Hay un paso peatonal donde se encuentra un establecimiento comercial. La zona central está conservada.
S2	Poca cantidad de basura inorgánica y algunos montículos de desechos de jardinería. Su parte central está bien conservada.
EP	Veredas muy marcadas, espacios muy abiertos con vegetación aplastada, basura inorgánica (plásticos, botes, latas, revistas y ropa), presencia de indigentes y desechos de jardinería.
BL	Zona bien conservada, excepto su parte NE donde se acumuló cascajo, desechos inorgánicos y grandes cantidades de desechos de jardinería. Allí se están llevando a cabo labores de restauración ecológica (Antonio-Garcés, 2008; Antonio-Garcés et al., en este volumen).
BM	Área medianamente conservada. Desechos inorgánicos, presencia de indigentes, presencia de dos pasos peatonales y cadáveres de animales domésticos. Poda de vegetación natural en su extremo norte.

Medidas de protección y viabilidad a futuro

Los sitios estudiados cuentan con pequeñas superficies, están alejadas en mayor o menor grado de las zonas núcleo y están sujetas a constantes y crecientes disturbios, muchos de ellos ocasionados por (1) el crecimiento de la población que usa las instalaciones de Ciudad Universitaria, (2) la introducción de plantas exóticas y animales domésticos, (3) el depósito de desechos, y (4) la ausencia de vigilancia efectiva. Por lo anterior, es urgente la planificación de actividades que aseguren su preservación, principalmente de aquellas

con mayor afectación como: EP, S1 y N3, donde es primordial implementar acciones de restauración y vigilancia. Será necesario que en cada zona se realicen prácticas donde se incluyan en acciones como: (1) supresión de las fuentes de disturbio, (2) extracción de desechos inorgánicos, (3) extracción de desechos de jardinería, (4) recuperación de sustrato basáltico, (5) control de eucaliptos, plantas exóticas y fauna feral, (6) reintroducción de especies nativas, (7) control de plantas arvenses, (7) vigilancia adecuada y constante, (8) colocación de mallas perimetrales que no restrinjan la movilidad de la fauna silvestre, y (9) diseño de un programa de educación ambiental dirigido a visitantes,

Tabla 3. Densidad de eucaliptos (No./100 m²) registrado en los nueve sitios de estudio en Ciudad Universitaria (noviembre 2006). Los cuadros son de 10 × 10 m.

Sitio	No. de individuos	Densidad (No./100 m ²)	Método y tamaño de muestra
FC	0	0	Censo
N1	104	17.3	6 cuadros
N2	61	10.2	6 cuadros
N3	60	0.7	Censo
S1	50	8.3	6 cuadros
S2	31	5.2	6 cuadros
EP	96	1.5	Censo
BL	85	9.4	9 cuadros
BM	104	11.6	12 cuadros

Tabla 4. Índice de valor para la conservación (IVC) de cada sitio de acuerdo con los once atributos calculados. 0 denota el sitio más deteriorado mientras que 8 de nota el sitio más conservado. El IVC señala la suma de todos los puntos asignados por atributo.

Sitio	Área	Distancia a la zona núcleo	Riqueza específica	Especies Nativas	Especies Exóticas	Densidad de eucaliptos	Basura	Caminos	Carga de visitas	Fauna nociva	Fauna silvestre	IVC
FC	2	5	5	5	8	8	5	6	6	5	6	61
N1	3	1	3	3	5	0	3	4	3	3	3	31
N2	6	0	4	4	7	2	4	5	5	4	4	45
N3	1	2	7.5	7	0	7	1	1	1	1	1	29.5
S1	4	3	1	1	3	4	2	2	2	2	2	26
S2	5	4	6	6	1	5	6	7	7	7	5	59
EP	0	6	0	0	5	6	0	0	0	0	0	17
BL1	7	7	2	2	5	3	8	8	8	8	7	65
BM	8	8	7.5	8	2	1	7	3	4	6	8	62.5

¹ Datos del sitio sin considerar la zona noreste que ha estado sujeta a acciones de restauración ecológica de 2005 a la fecha (Antonio-Garcés, 2008; Antonio-Garcés, *et al.*, en este volumen).

estudiantes, personal de vigilancia y jardineros. Sería deseable brindar capacitación y talleres al personal de vigilancia y de jardinería acerca del manejo de este tipo de zonas, así como darle difusión al reglamento interno de la REPSA. Parte de este tipo de actividades se han iniciado con el Programa de Adopción PROREPSA (SEREPSA, 2008).

Es necesario seguir investigando el papel de las plantas exóticas y la fragmentación sobre la pérdida y desplazamiento de especies, ambos factores relacionados con la disminución de la biodiversidad y con alteraciones en la estructura básica de la comunidad de la Reserva del Pedregal (Dobson *et al.*, 1997; Didham y Lawton, 1999). El futuro de dichas zonas aún es muy incierto, si bien

hasta el momento han cumplido su función, considerando que estas zonas amortiguadoras están sujetas a los embates constantes de las actividades humanas es esperable que allí se acentúe el deterioro. Por ello, es deseable que en estas zonas se implemente un plan de protección y manejo que garantice la integridad de las zonas núcleo. La falta de planeación puede traer consigo la aceleración del deterioro de estas zonas (Peña *et al.*, 1998), las cuales representan la primera línea de defensa de la Reserva del Pedregal ante los embates de las actividades humanas. La planeación de un programa integral de protección y manejo de estas zonas redundarán en beneficio de las zonas núcleo, lo cual permitirá que los servicios ambientales que nos ofrece la REPSA se mantengan en el futuro.

Agradecimientos

Este estudio fue realizado gracias al apoyo del proyecto PAPIIT IN222006.

Le agradecemos a Yuriana Martínez Orea por su apoyo en identificar el material botánico. A Jacob Áyala Rogel y Vanesa Becerra Silva por su asistencia en el trabajo de campo. A Marco A. Romero Romero por su asistencia técnica.

Literatura citada

- ÁLVAREZ S. F. J., CARABIAS- LILLO J., MEAVE DEL CASTILLO J., MORENO- CASASOLA P., NAVA- FERNÁNDEZ D., RODRÍGUEZ- ZAHAR F., TOVAR GONZÁLEZ C. Y VALIENTE- BANUET A. 1982. Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Ángel. Serie Cuadernos de Ecología No. 1, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ANTONIO-GARCÉS, J. 2008. Restauración ecológica de la Zona de Amortiguamiento 8 de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BYE, R., A. CABEZA, Z. CANO- SANTANA, J. MEAVE, M. MAZARI Y A. ROJO. 1996. Informe Técnico de la Comisión Especial del Comité Técnico de la Reserva del Pedregal de San Ángel (para redefinir los límites de ésta). Entregado a: Coordinación de la Investigación Científica, UNAM, México. Diciembre, 1996.
- CANO-SANTANA, Z., I. PISANTY, S. SEGURA, P. E. MENDOZA, 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 Xitle. Pp. 203-226, en: Oyama K. y A. Castillo (comps.). Manejo, conservación y restauración de los recursos naturales en México. Siglo xxi y Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA Z., S. CASTILLO-ARGÜERO, Y. MARTÍNEZ-OREA Y S. JUÁREZ-OROZCO. 2008. Análisis de la riqueza vegetal y el valor de conservación de tres áreas incorporadas a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **82**: 1-14

- 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 del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **74**: 51-75.
- DE LA FUENTE, J. R. 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*, **3813**: 19-20.
- DIDHAM, R. K. Y J. H. LAWTON. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica*, **31**: 17-30.
- DOBSON, A. P., A. D. BRADSHAW Y A. J. M. BAKER. 1997. Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. *Science*, **277**: 515-522.
- ESPINOSA-GARCÍA, F. J. 1996. Revisión sobre la alelopatía de *Eucalyptus L'Herit*, *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **58**: 55-74.
- HALL, J. B. Y W. A. RODGERS. 1992. Buffers at the boundary. En: Rural development forestry network. Network paper.
- KREBS, C. J. 1989. Ecological methodology. Harper & Row, Nueva York.
- MOSCOSO, A. 2003. Desarrollos legales e institucionales sobre áreas protegidas y zonas de amortiguamiento en Bolivia, Ecuador y Perú. Pp. 1-10, en: Las zonas de amortiguamiento: un instrumento para el manejo de la biodiversidad. El caso de Ecuador, Perú y Bolivia. CEBEM-Bolivia, FLASCO Sede Ecuador, Universidad de Córdoba, ZEU-Justus-Liebig-Universitaet Giessen-Alemania y Comunidad Europea.
- PEÑA, A. DURAND L. Y ÁLVAREZ C. 1998. Conservación. Pp. 183- 210, en: Peña Jiménez, A., N. González, L. Loa Loza L. y D. Smith L. (eds.). La diversidad biológica de México: estudio de País 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- PRYOR, L. D. 1976. Biology of eucalyptus. Studies in Biology No. 61. Edward Arnold, Londres.
- RZEDOWSKI, J. Y G. C. RZEDOWSKI. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Mich.
- SARUKHÁN, J. 1997. Acuerdo por el que se reestructura e incrementa la zona de la Reserva Ecológica y se declaran las áreas verdes de manejo especial de la Ciudad Universitaria. *Gaceta UNAM*, **3070**: 15-16.
- SEGURA-BURCIAGA, S. G. 1995. Estudio poblacional de *Eucalyptus resinifera* Smith (Myrtaceae) en la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel, C.U., México, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SEREPSA, 2008. Manual de Procedimientos. Programa de Adopción de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Secretaria Ejecutiva REPSA. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- TOKY, O. P. Y V. SINGH. 1993. Litter dynamics in short-restoration high density tree plantations in an arid region of India. *Agriculture Ecosystems and Environment*, **45**: 129-145.