D134

MANEJO, CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE RECURSOS NATURALES EN MÉXICO

KEN OYAMA
ALICIA CASTILLO
COORDINADORES

Ruelas-Monjardin, L.C., 2004, *A collaborative approach to water allocation in a coastal zone of Mexico*, tesis doctoral, posgrado en planeación y desarrollo, Faculty of Social and Environmental Studies, The University of Liverpool, Inglaterra.

——— (en prensa), Situación socioeconómica, en P. Moreno-Casasola (ed.), *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*, Instituto de Ecología.

Salinas, P.M.G., 2001, *Microempresas de vida silvestre: Caso La Mancha-El Llano Veracruz, México*, tesis de la especialidad en desarrollo sustentable, Foro Latinoamericano de Ciencias Ambientales, UNESCO-Universidad de Lanús, La Plata, Argentina.

Toledo, V., 1997, Sustainable development at the village community level: a third world perspective, en F. Smith (ed.), *Environmental sustainability. Practical global implications*, Boca Ratón, Florida, St. Lucie Press, pp. 233-250.

Travieso-Bello, A.C., 2000, *Biodiversidad del paisaje costero de La Mancha, Actopan*, tesis de maestría, Instituto de Ecología, Jalapa, Veracruz, México, 119 pp.

Travieso-Bello, A.C., A. Campos y P. Moreno-Casasola, 2005, Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales, *Interciencia* 30(1):12-18.

UNESCO, 1999, Declaration on Science and the Use of Scientific Knowledge, World conference on Science for the XXI Century: a new commitment, UNESCO.

ECOLOGÍA, CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES Y PROTEGIDAS DEL PEDREGAL DEL XITLE

ZENÓN CANO-SANTANA,[1] IRENE PISANTY,[1,2] SAÚL SEGURA,[1,3] PEDRO ELOY MENDOZA-HERNÁNDEZ,[1] RICARDO LEÓN-RICO,[1] JORGE SOBERÓN,[4] EFRAÍN TOVAR,[1] EDUARDO MARTÍNEZ-ROMERO,[1,3] LUZ DEL CARMEN RUIZ[1] *y* ANDREA MARTÍNEZ-BALLESTÉ[1]

INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de las áreas naturales protegidas del Distrito Federal se encuentran en el sur de la ciudad de México (Anónimo, 1995; Vargas, 1997). En las delegaciones políticas localizadas en el sur de la ciudad se concentra 91.5% de las 11 575.2 ha de terrenos que cuentan con algún estatus de protección por los gobiernos local y federal (INEGI, 1998). Esto se debe a que en la zona sur se localizan la zona montañosa del Eje Neovolcánico y la chinampera de Xochimilco y Tláhuac, que albergan ecosistemas arbustivos, boscosos y lacustres. Por otro lado, durante muchos siglos, estas zonas representaron las partes menos densamente pobladas del área urbanizada de la Cuenca de México (Sanders *et al.*, 1979). Algunas de estas áreas protegidas del Distrito Federal, como el Bosque de Tlalpan, las Fuentes Brotantes y el Cerro de la Estrella, muestran pocos elementos naturales originales, y en otras, como "El Histórico Coyoacán", no queda ninguno. En contraste, ciertas áreas naturales están clasificadas actualmente como áreas verdes pero tienen un alto potencial de conservación por sus elementos bióticos, como el predio "Los Encinos", localizado al oeste de las instalaciones de El Colegio de México y de la Universidad Pedagógica Nacional, en las faldas del Ajusco.

Estas áreas conservadas o protegidas están localizadas dentro de la ciudad o sumamente cerca de ella, lo que ocasiona problemas muy serios de viabilidad debidos a las presiones que ejercen las siempre crecientes necesidades de habitación y servicios de sus habitantes. Durante la primera mitad de este siglo la zona sur de la ciudad de México había sido sometida a bajos niveles de uso urbano; sin embargo, a partir de los años cincuenta la extensión urbana de la ciudad empezó a invadir los terrenos agrícolas y naturales de esta área, ya que la población aumentó de $3.5x10^6$

[1] Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM.
[2] Instituto Nacional de Ecología.
[3] Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural, Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal.
[4] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

a 13.8x10^6 habitantes entre 1953 y 1980 (Ezcurra, 1991, Aguilar *et al.*, 1995; Ezcurra *et al.*, 1999). Se ha reportado que en este periodo las áreas verdes del sur de la ciudad de México se redujeron de 41.6 a 14.7% de su superficie, lo cual representa una tasa de pérdida de 3.5% anual (Lavín, 1983). Asimismo, Benítez *et al.* (1987) reportan un incremento en la tasa de crecimiento de la zona urbana del suroeste de la ciudad de 2.6 a 13.3%, entre 1959 y 1977. Este crecimiento ocurrió a expensas de terrenos cubiertos por matorral xerófilo y bosque de encinos. La tendencia de crecimiento urbano se ha mantenido en los últimos 20 años, al igual que la de cambio de uso de suelo de rural a urbano (Ezcurra *et al.*, 1999). Entre 1980 y 1995, por ejemplo, el número de viviendas en el Distrito Federal se incrementó de 1.7x10^6 a 2.0x10^6 (INEGI, 1998).

Una zona bien delimitada en el sur de la ciudad de México es el Pedregal de San Ángel o Pedregal del Xitle, que tiene una extensión aproximada de 80 km^2 con un sustrato basáltico producto de la erupción del volcán Xitle ocurrida hace 2 000 años (E.S. Deevey, 1957 en Lenz, 1996; Carrillo, 1995). Rzedowski (1954) ubicó dentro del derrame nueve tipos de vegetación, entre los que dominan el matorral de palo loco (*Senecio praecox*) y los bosques de encinos (*Quercus* spp.). Estas diferencias de vegetación están asociadas a las variaciones climáticas a lo largo del gradiente altitudinal que tiene el derrame (2 240-3, 100 msnm), las partes bajas del norte son más secas y calurosas, mientras que las partes altas del sur son más húmedas y frías (Rzedowski, 1991).

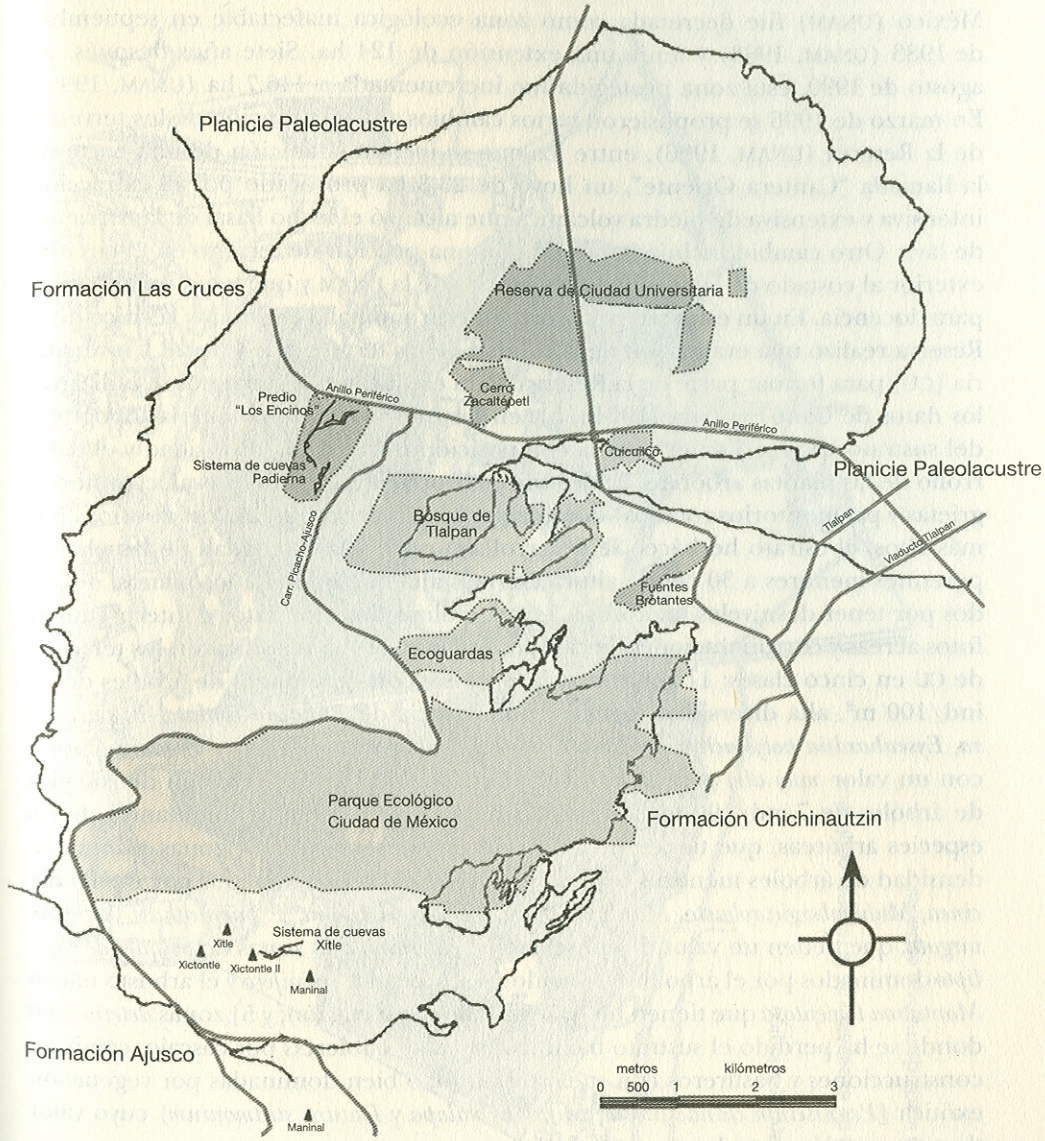
Dentro del Pedregal del Xitle se encuentran cinco zonas protegidas: el Parque Ecoguardas, el Parque Ecológico de la ciudad de México (PECM), el Parque urbano Bosque de Tlalpan, la Reserva ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (CU) y el Parque Ecoarqueológico Cuicuilco (figura 1). Estas zonas suman 1 312 ha, que representan 12.3% del área protegida en el sur de la ciudad de México (INEGI, 1998).

Debido a la urbanización, el Pedregal del Xitle, como la mayoría de las zonas de vegetación natural del Distrito Federal, ha sufrido desde la década de los cincuenta una pérdida considerable que, de acuerdo con las fotos aéreas disponibles, probablemente represente 70%. Este cambio del uso del suelo se traduce, por ejemplo, en que sólo 6% de las 4 000 ha originalmente cubiertas por el matorral de palo loco (Rzedowski, 1954) esté protegido actualmente.

Se han realizado numerosas investigaciones científicas de carácter geológico, arqueológico y biológico en el Pedregal del Xitle (Rojo, 1994). En una revisión hecha por Soberón *et al.* (1991a) se encontró que hasta 1990 se habían publicado al menos 140 trabajos científicos sobre la zona del Pedregal, de los cuales sólo 14 abordaban tópicos específicamente ecológicos del sitio.

En este contexto, los objetivos de este trabajo son: 1] revisar el estado de conocimiento ecológico del Pedregal del Xitle, 2] evaluar de manera general las acciones encaminadas al diseño de áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle, y 3] reconocer los elementos básicos que fundamenten los criterios de protección, conservación y manejo de las áreas naturales y protegidas incluidas en el Pedregal del Xitle.

FIGURA 1
Ubicación aproximada de las áreas naturales y protegidas ubicadas en o cerca del derrame del Xitle. Se señalan también las vialidades más importantes y la ubicación de los Sistemas de Cuevas.



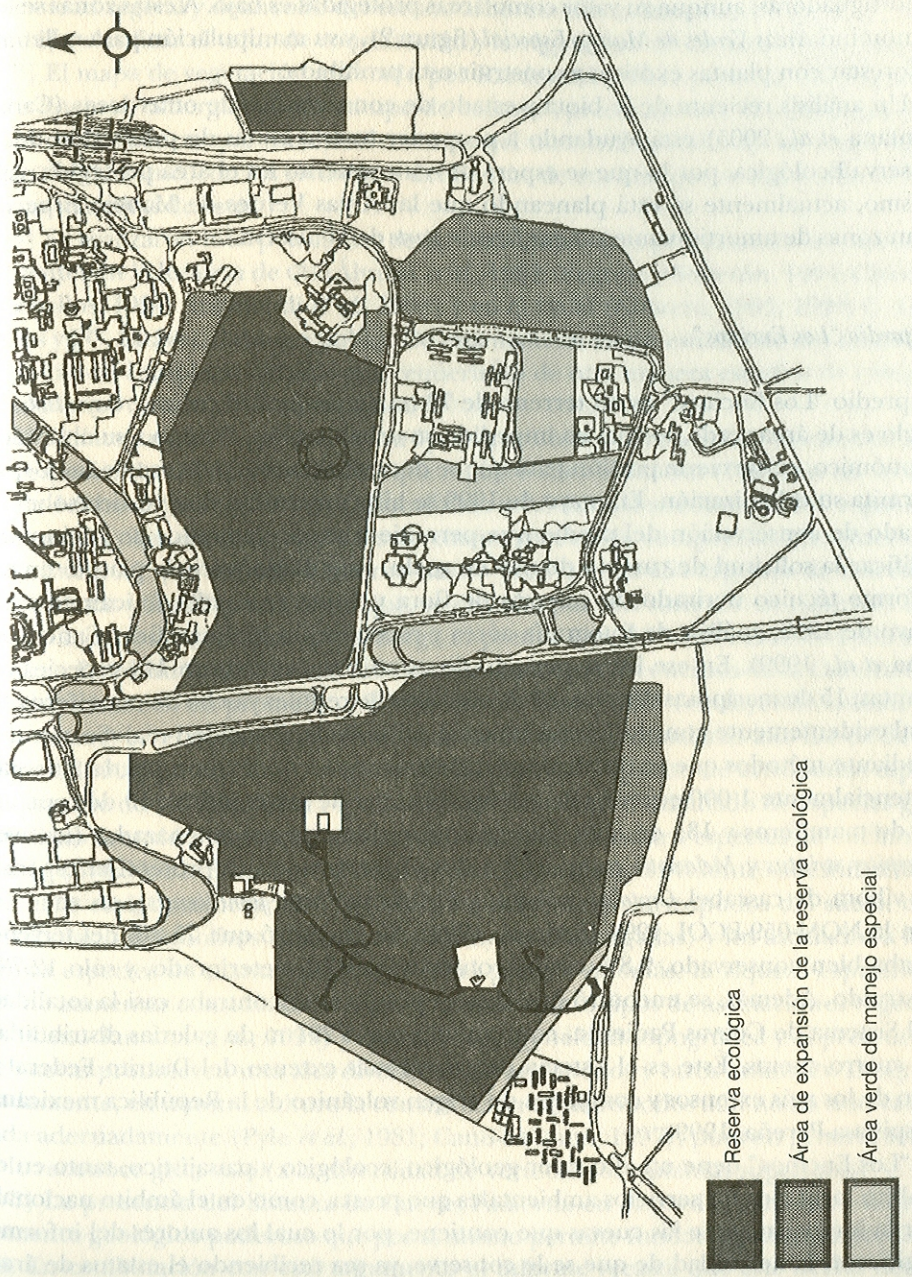
APORTES PARA LA SELECCIÓN Y DISEÑO DE NUEVAS ÁREAS

La Reserva del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria

La Reserva de Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) fue decretada como zona ecológica inafectable en septiembre de 1983 (UNAM, 1983) y tenía una extensión de 124 ha. Siete años después, en agosto de 1990, esta zona protegida fue incrementada a 146.7 ha (UNAM, 1990). En marzo de 1996 se propusieron varios cambios a la distribución de los terrenos de la Reserva (UNAM, 1996), entre los que se incluía la adición de una parte de la llamada "Cantera Oriente", un hoyo de 23.3 ha provocado por la extracción intensiva y extensiva de piedra volcánica que alcanzó el lecho basal de la corriente de lava. Otro cambio incluía la pérdida de una porción de terreno en el circuito exterior al costado de la Facultad de Ciencias de la UNAM y que tenía un alto valor para docencia. En un esfuerzo para corregir esta anomalía el Comité Técnico de la Reserva realizó una evaluación de la calidad de los terrenos de Ciudad Universitaria (CU) para formar parte de la Reserva. Para clasificar estos terrenos se utilizaron los datos de Cano-Santana (1994a, b), en los que se reportaba que la topografía del sustrato basáltico determina la composición florística, la diversidad y el desarrollo de las plantas arbóreas. En los sitios abruptos (en donde prevalecían hoyos, grietas y promontorios rocosos) dominaban las plantas arbóreas, los arbustos eran más altos, el estrato herbáceo se desarrollaba poco y la diversidad de las plantas perennes menores a 30 cm de altura era más alta que en los sitios planos, definidos por tener desniveles menores a 1.5 m. Utilizando estos datos e interpretando fotos aéreas y corroboraciones de campo, Bye *et al.* (1996) clasificaron los terrenos de CU en cinco clases: 1] zonas *muy heterogéneas* con densidades de árboles de 10 ind/100 m^2, alta diversidad vegetal y dominancia de *Buddleia cordata, B. parviflora, Eysenhardtia polystachya, Dodonaea viscosa, Eupatorium petiolare* y *Begonia gracilis,* con un valor *muy alto* para la conservación; 2] zonas *heterogéneas* con densidades de árboles de 7 ind/100 m^2, diversidad vegetal intermedia, y dominancia de las especies arbóreas, que tienen un valor *alto* de conservación; 3] zonas *planas* con densidad de árboles menores o iguales a 4 ind/100 m^2, dominados por *Dahlia coccinea, Muhlenbergia robusta, Manfreda sabra, Tagetes tenuifolia, T. micrantha* y *Verbesina virgata,* que tienen un valor de conservación *intermedio*; 4] zonas de *bosques de eucalipto* dominados por el árbol introducido *Eucalyptus* aff. *resinifera* y el arbusto nativo *Montanoa tomentosa* que tienen un *bajo* valor de conservación; y 5] zonas *deterioradas* donde se ha perdido el sustrato basáltico original, cubiertas por cascajo, caminos, construcciones y basureros con suelo desnudo, o bien dominadas por vegetación exótica (*Pennisetum clandestinum, Mirabilis xalapa* y *Datura stramonium*) cuyo valor de conservación es nulo.

A partir de los datos propuestos en el informe de Bye *et al.* (1996) se concretó la redefinición de los límites de la reserva, mediante un nuevo decreto establecido en diciembre de 1996 (figura 2; UNAM, 1997) en el que se restituyó el terreno de alto valor de conservación situado al costado de la Facultad de Ciencias. Además, se aña-

FIGURA 2
Localización de las áreas donde se extendió la Reserva del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, así como de las áreas verdes de manejo especial, según la modificación de diciembre de 1996 (UNAM, 1997). Actualmente la mayoría de las áreas verdes de manejo especial se definen como "zonas de amortiguamiento".



dieron nuevas zonas de reserva ecológica en la porción norteña de la reserva y en las zonas aledañas al Museo de las Ciencias Universum. Asimismo, se reconoció el alto valor para la conservación que tenían las áreas verdes adyacentes, como son los camellones de las vialidades y otros terrenos, que albergan aún muchos elementos florísticos, faunísticos y de sustrato originales, considerando su función como zonas amortiguadoras, aunque su valor como áreas protegidas es bajo. A estas zonas se les denominó *Áreas Verdes de Manejo Especial* (figura 2), y su manipulación para rellenar, reforestar con plantas exóticas y construir está prohibida.

Un análisis reciente de la biota y estado de conservación de otras áreas (Cano-Santana *et al.*, 2005) está ayudando a proponer nuevas zonas de protección de la Reserva Ecológica, por lo que se espera otro incremento en el área protegida. Asimismo, actualmente se está planeando que las Áreas Verdes de Manejo Especial sean zonas de amortiguamiento *que forman parte* de la reserva.

El predio "Los Encinos"

El predio "Los Encinos" es un terreno de 73 ha de propiedad privada cuyo uso de suelo es de área verde, lo cual ha impedido su urbanización. Debido a su alto valor económico, existe cierta presión para que se decrete un cambio de uso de suelo que permita su urbanización. En mayo de 1999 se hizo un estudio diagnóstico sobre el estado de conservación del predio que permitiera tener elementos de juicio para calificar la solicitud de cambio de uso de suelo. Este diagnóstico se plasmó en un informe técnico derivado de colectas de flora y fauna realizadas únicamente en mayo de 1999, análisis de fotografía aérea y recopilación bibliográfica (Cano-Santana *et al.*, 1999). En ese breve periodo de estudio se registraron 141 especies de plantas, 15 de mariposas diurnas, 29 de aves, tres de reptiles y ocho de mamíferos, lo cual evidentemente constituye una subestimación de la diversidad real. Se calculó, mediante métodos que se detallan más adelante, que este terreno puede albergar potencialmente 1 000 especies de artrópodos, una de salamandras, 10 de reptiles, 26 de mamíferos y 135 de aves. Se registraron dos especies amenazadas (las aves *Accipiter striatus* y *Melanotis caerulensis*) y dos especies sujetas a protección especial (la víbora de cascabel *Crotalus molossus* y el halcón *Buteo jamaicensis*), de acuerdo con la NOM-059-ECOL-1994 (Sedesol, 1994). Se encontró que 75.8% del terreno estaba bien conservado, 9.8% estaba conservado, 1.7% deteriorado, y sólo 12.7% destruido. Además, se encontró que bajo el predio se encontraba casi la totalidad del Sistema de Cuevas Padierna, conformado por 4 291 m de galerías distribuidas en cuatro cuevas. Éste es el sistema de cuevas más extenso del Distrito Federal y uno de los más extensos y complejos de origen volcánico de la República mexicana (Espinasa-Pereña, 1999).

"Los Encinos" tiene un alto valor geológico, ecológico y paisajístico, tanto en el ámbito local, por los servicios ambientales que presta, como en el ámbito nacional, por la importancia de las cuevas que contiene, por lo cual los autores del informe sugirieron la necesidad de que se le conserve, ya sea recibiendo el estatus de área

natural protegida, o bien, incorporándose al Sistema Nacional de Áreas Protegidas dentro de la categoría de monumento natural.

El conocimiento biológico y ecológico que permitió sustentar los datos de su potencial de conservación se basó en los siguientes estudios:

1] Como en el caso de la Reserva de CU, la relación encontrada entre topografía, diversidad vegetal y desarrollo del estrato arbóreo (Cano-Santana, 1994b) permitió también clasificar el valor de conservación y la vegetación de las áreas del predio.

2] El mapa de vegetación aportado por Rzedowski (1954) permitió afirmar que "Los Encinos" alberga todavía un tipo de ecotono, prácticamente desaparecido del resto de la cuenca, que incluye elementos del matorral xerófilo de las zonas más bajas del derrame, con los elementos del bosque de encinos que se desarrolla en las partes más altas de éste.

3] Se realizaron interpolaciones de las listas faunísticas proyectando las especies presentes en la Reserva de CU (Álvarez *et al.*, 1982; Negrete y Soberón, 1994; Chávez y Ceballos, 1994; Arizmendi *et al.*, 1994) y en el PECM (Cabrera, 1995, 1999; G. Ceballos y J.C. Chávez, datos no publ.). De esta manera, en un estudio de dos semanas se pudieron completar listados que requerirían de otra manera estudios de campo de al menos un año de observaciones.

4] El dato de 1 000 especies de artrópodos se obtuvo al redondear la suma de las 387 especies de artrópodos epífitos que registró Ríos-Casanova (1993) en un terreno de 1.5 ha de la Reserva de CU (localizada a 1.5 km del predio), las 137 especies de insectos visitadores de las flores de cinco especies de compuestas presentes en "Los Encinos" que registró Figueroa-Castro (1997) y las 456 especies de insectos especialistas y las 53 generalistas que, se calcula, pueden sostener en conjunto las cuatro especies de encinos que alberga el predio (*i.e.*, 387+137+456+53=1 033 especies). Este último dato se calculó considerando que los encinos de la Cuenca de México sostienen en promedio 167 especies de artrópodos (excluyendo colémbolos y ácaros) en el dosel y que el índice de similitud de Jaccard más alto fue de 32% (Tovar, 1999). En este caso, el número calculado de especies de artrópodos especialistas fue de 167(1-0.32)=114, mientras que el número calculado de especies generalistas (considerando que son compartidas por las cuatro especies de encinos) fue de 1670.32=53. Esta riqueza de artrópodos resulta una evidente subestimación del valor real, considerando que faltan los datos de los artrópodos del suelo, cavernícolas, los endofitos (minadores y formadores de agallas) y los asociados a las demás especies de plantas presentes en el predio. Además, la riqueza específica puede aumentar considerando la presencia de cuatro tipos de asociaciones vegetales (Cano-Santana *et al.*, 1999) y que la heterogeneidad topográfica y la presencia de cuevas promueven una alta diversidad de artrópodos y otros animales. Desgraciadamente, en nuestra cultura la conservación de artrópodos aún no ha sido valorada adecuadamente (Pyle *et al.*, 1981; Cano-Santana, 1997), pues en general sólo se le reconoce gran valor a la diversidad de vertebrados y plantas superiores.

5] La presencia del Sistema de Cuevas Padierna en el predio constituye un argumento geológico poderoso que por sí mismo permite fundamentar su importancia. En combinación con este argumento el informe recalca que este hecho tiene

implicaciones ecológicas importantes, ya que la presencia de cuevas incrementa la heterogeneidad del terreno así como el número de hábitat y microhábitat, lo cual favorece el incremento de la diversidad al favorecer los endemismos, tal como lo demostraron Picker y Samways (1996) en un estudio realizado en la península del Cabo, Sudáfrica. En este sentido, es muy probable que estas cuevas permitan la supervivencia de organismos raros que muestran adaptaciones específicas y que, además, pueden conservar signos de organismos que las habitaron en el pasado (Cano-Santana y Martínez-Sánchez, 2000).

A pesar de las múltiples evidencias de su importancia, el dictamen para esta zona a la fecha (2005) se encuentra en suspenso. Esta indefinición es grave, pues la zona ya sufrió una invasión por habitantes precaristas y parte de su extensión está siendo utilizada para que una televisora organice espectáculos públicos.

APORTES PARA LA RESTAURACIÓN

Experiencias en el Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM)

El PECM, también conocido como "Ajusco Medio", tiene una extensión de 727 ha y se ubica entre los 2650 y los 2800 msnm. En esta zona dominaban a principios de siglo dos tipos de vegetación: el matorral de siempreviva (*Sedum oxypetalum*) y el bosque de encinos, principalmente de *Quercus rugosa* (Rzedowski, 1954). En la década de los ochenta se inició la urbanización de esta zona; sin embargo, como resultado de una iniciativa de conservación encabezada por un grupo de académicos de la UNAM y de la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (Conabio), la zona fue declarada oficialmente como área de conservación ecológica en junio de 1989. Después de la emisión del decreto que establecía el carácter de zona de conservación ecológica, se llevó a cabo un desalojo en junio de 1989, y se iniciaron estudios tendientes a la elaboración de estrategias de regeneración de aquellas zonas afectadas por la incipiente urbanización. Paralelamente se desarrolló un programa de educación ambiental que, en primera instancia, involucró intensivamente a los habitantes de las zonas aledañas al Parque (Bonfil *et al.*, 1997).

En el primer estudio desarrollado a partir de esta iniciativa se describieron e identificaron cuatro comunidades vegetales básicas (Soberón *et al.*, 1991b): el bosque denso de encinos (*Quercus* spp.); el bosque abierto de encinos inmerso en un matorral xerófilo; el matorral xerófilo perturbado, en el que se encuentran abundantes tepozanes (*Buddleia* spp.); y el matorral xerófilo de siempreviva (*Sedum oxipetalum*).

Soberón *et al.* (1991b) reconocieron algunas especies como indicadoras de las unidades de vegetación. Dos de estas especies, *S. oxypetalum* y *B. cordata*, fungen además como organizadoras del proceso sucesional y, por ende, probablemente como especies claves en las comunidades a las que caracterizan. El efecto de estas especies es diverso, y cabe insistir en que aún falta mucho por conocerse. Entre los avances logrados en este sentido se encuentra el trabajo de Cabrera *et al.* (1998) en el que

se estudió la mortalidad de las plantas juveniles de *Q. rugosa* menores de 60 cm de altura plantadas en la cercanía de tepozanes con diferente volumen de copa. Estos autores encontraron que la mortalidad de los encinos introducidos en las cercanías de los tepozanes con un volumen de copa mayor a 100 m^3 es menor que la observada entre las plantas que se encontraban cerca de tepozanes con volúmenes de copa menores, o bien fuera del área de influencia de los tepozanes.

Por otro lado, Ruiz-Amaro (1996) estudió la composición vegetal bajo la copa de plantas de siempreviva y de tepozán. A partir de un diseño factorial que incluyó tratamientos de denudación superficial y profunda bajo y fuera del área de cobertura de *S. oxypetalum* y de *B. cordata* se encontró que 1] los índices de diversidad y las tasas de sobrevivencia son mayores bajo la copa de estas especies que en las zonas abiertas que no tienen su influencia, 2] la variación estacional de estos parámetros y de la composición florística fue mucho menor que en las áreas de influencia directa que en las zonas descubiertas, y 3] bajo la copa de las siempreviva se reclutan plantas perennes, como los agaves, características de matorrales cerrados que probablemente corresponden a etapas sucesionales más avanzadas. La segunda conclusión sugiere que estas plantas amortiguan los cambios climáticos estacionales permitiendo a las plantas vivir bajo condiciones más estables, lo cual puede favorecer la continuidad del proceso sucesional. Estas observaciones, aunadas al hecho de que la siempreviva pueda crecer sobre sustratos extremadamente pobres, ocupando micrositios muy puntuales sobre la roca basáltica (Martínez-Romero, 1997), sugieren que se trata de una especie facilitadora del proceso sucesional (*sensu* Connell y Slatyer, 1977).

Una vez reconocido el papel organizador de estas dos especies, se realizaron estudios demográficos y ecofisiológicos para reconocer las etapas de desarrollo de estas plantas que eran más idóneas para planear su reintroducción en las áreas perturbadas.

Mendoza-Hernández (2002, 2003) determinó varios aspectos relevantes de la demografía de los tepozanes: 1] existen pulsos de germinación masiva de las semillas en años con lluvias abundantes y cuando se abren sitios por deforestación, caída de árboles o ramas e incendios; 2] la sobrevivencia de las plantas de categorías de tamaño entre cuatro y 10 cm oscila entre 0 y 0.8% al cabo de dos años; 3] las plantas que tienen entre cuatro y 10 cm sufren retrogresiones debido a que pierden la dominancia apical y experimentan el desarrollo de rebrotes basales durante la temporada de lluvias; 4] las plantas ya no presentan retrogresiones después de alcanzar de 20 a 50 cm de altura; 5] las semillas de los tepozanes presentan mayor porcentaje de germinación en condiciones de borde de bosque que en condiciones de bosque denso; 6] la tasa de germinación en condiciones controladas de las semillas del tepozán es más alta cuando las semillas tienen más de cinco meses de edad que cuando están recién colectadas, periodo que coincide con el tiempo que transcurre entre la dispersión de las semillas y el inicio de la época de lluvias; y 7] no se encontraron diferencias significativas entre las tasas de germinación de las semillas de cinco meses y las de 15 y 20 meses de edad.

Estos datos son muy valiosos para proponer como parte de una estrategia de restauración la introducción de plantas de tepozán que estén por encima de 50 cm, sobre

todo en los bordes del bosque de encinos donde fungirán como una especie de "frente" de sucesión. Considerando, además, que Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1990) reportan un comportamiento fotoblástico de las semillas de esta especie, un programa de restauración debe considerar la introducción de tepozanes a partir de semillas que deben quedar expuestas a la luz y no tener menos de cinco meses de edad.

Martínez-Romero (1997), por su parte, estudió la dinámica poblacional y algunos aspectos ecofisiológicos de *S. oxypetalum.* Cuando comparó las características poblacionales de esta planta en el matorral conservado y en el área de matorral perturbado encontró que la densidad de plantas y la tasa finita de crecimiento (λ) fueron más altas en el matorral conservado (MC) que en matorral perturbado (MP) (densidad de individuos reproductivos: 3.9-4.7 ind/m^2 en MC, 3.1-3.2 ind/m^2 en MP; datos de 1993 y 1994). Asimismo, encontró que en ambos ambientes la λ fue mayor que 1, es decir, la población de los dos tipos de sitio se encuentra en crecimiento. Sin embargo, este valor no implica que estas poblaciones no requieran de prácticas de conservación, pues la permanencia de la población descansa fundamentalmente en la supervivencia de los adultos, como se desprende del análisis de los valores de elasticidad. Esto se debe a que los individuos de las primeras categorías de tamaño son escasos y a que el reclutamiento de nuevos individuos procedentes de la germinación de las semillas es muy bajo, lo que vuelve potencialmente muy vulnerables a estas poblaciones. Además de que los valores numéricos de las primeras categorías son bajos, su contribución relativa a la tasa finita de crecimiento de la población (elasticidad) también es muy baja. Adicionalmente, se observaron porcentajes muy altos de semillas vanas y bajos porcentajes de germinación. Esta especie frecuentemente produce ramets a partir de ramas fragmentadas. En un experimento de invernadero se analizó el efecto del diámetro de la rama y la humedad sobre la producción en peso de raíces adventicias, encontrándose que las ramas más gruesas (>1.6 cm de diámetro) y aquellas que se sometieron a regímenes de humedad altos (260 ml de agua cada dos días) producían mayor biomasa de raíces adventicias que las ramas delgadas (de entre 0.6 y 1.5 cm de grosor) y aquellas que estuvieron sometidas a regímenes de humedad bajos (<40 ml de agua cada dos días). Este tipo de datos permite proponer técnicas de reintroducción de siempreviva a partir de ramas fragmentadas gruesas colocadas directamente sobre el sustrato durante la temporada de lluvias. De esta manera, a pesar de que se corre el riesgo de contar con poca diversidad genética, se garantiza la expansión de la especie a partir de genotipos de éxito ecológico ya probado.

Las experiencias en el Parque Ecológico Arqueológico Cuicuilco

El Parque Ecológico Arqueológico Cuicuilco del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), de 22 ha, se encuentra localizado a los 2 280 msnm en la esquina SE del cruce de las vialidades Periférico Sur e Insurgentes Sur (figura 1). Actualmente protege las ruinas de la cultura cuicuilca, que se extendió en la zona sur de la ahora ciudad de México aproximadamente en el año 450 a.C. (Wolf, 1976).

En 1984 el INAH y el Departamento del Distrito Federal remozaron el acceso y las veredas del Parque para mejorar su aspecto. En junio de 1998 a petición expresa del arqueólogo Mario Pérez Campa, responsable del Parque para tener una asesoría por parte de biólogos de la UNAM para la conservación también ecológica de dicha zona arqueológica, se realizó una evaluación de la flora de este lugar detectándose la ausencia de ciertas especies vegetales características del Pedregal del Xitle, así como la escasez notable de individuos de otras especies de acuerdo con los listados florísticos conocidos (Rzedowski, 1954; Valiente-Banuet y De Luna, 1990). En el primer caso se encuentran *Bursera fagaroides, D. viscosa* y *Mammillaria magnimamma,* mientras que en el segundo caso están *Echeveria gibbiflora, S. oxypetalum* y *Bursera cuneata.* También se detectó la presencia de una gran cantidad de malezas de origen africano que se encuentran en los bordes de todas las veredas internas, las cuales se encuentran ahí desde hace varias décadas como *Rynchelytrum repens, Nicotiana glauca, P. clandestinum* y una incipiente invasión por la especie *Leonotis nepetaefolia.*

Dado lo anterior se ideó un plan de rehabilitación que contempla 1] la reforestación en los bordes de la vereda principal, 2] la reintroducción de especies ausentes y raras y 3] el control mecánico de las malezas.

Como la vereda principal contiene tierra de relleno con buena cantidad de materia orgánica y con una profundidad promedio de 60 cm, lo cual permite que se desarrollen adecuadamente los encinos (S. Segura, obs. pers.), en agosto de 1998 y en julio de 1999 se realizó la plantación de 60 y 21 encinos respectivamente, de las especies *Q. rugosa, Q. crassipes, Q. laeta* y *Q. castanea* de entre seis y 12 años de edad y de 1.0 a 1.5 m de altura. El objetivo de la reforestación era que la sombra de estos árboles limitara el desarrollo de malezas y también amortiguara los cambios diurnos de temperatura en esta zona. Cinco años y medio después, en marzo de 2005, se ha registrado una supervivencia del 97.5% de los individuos y todos ellos han alcanzado una altura de entre 3.0 y 3.5 m.

La siguiente fase del plan de restauración contempló la plantación en manchones de 20 individuos de la especie *D. viscosa* de 1.5 m de altura, 10 de *S. oxypetalum* de 30 cm de altura y 10 de *E. gibbiflora* de 30 cm de altura; las dos primeras , provenientes del vivero de San Luis Tlaxialtemalco de la Secretaría del Medio Ambiente y la última de ejemplares rescatados de zonas en preparación para construir en la Ciudad Universitaria. En marzo de 2005 se registró una supervivencia de 5% de los individuos de *D. viscosa,* 50% de los de *S. oxypetalum* y 100% de los de *E. gibbiflora.*

CONTRIBUCIÓN DE LOS ESTUDIOS ECOLÓGICOS PARA EL MANEJO DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS

El control de incendios en la Reserva del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria

En 1998 varias zonas de vegetación natural alrededor del mundo sufrieron extensos y numerosos incendios asociados con la severa sequía que se registró en ese año.

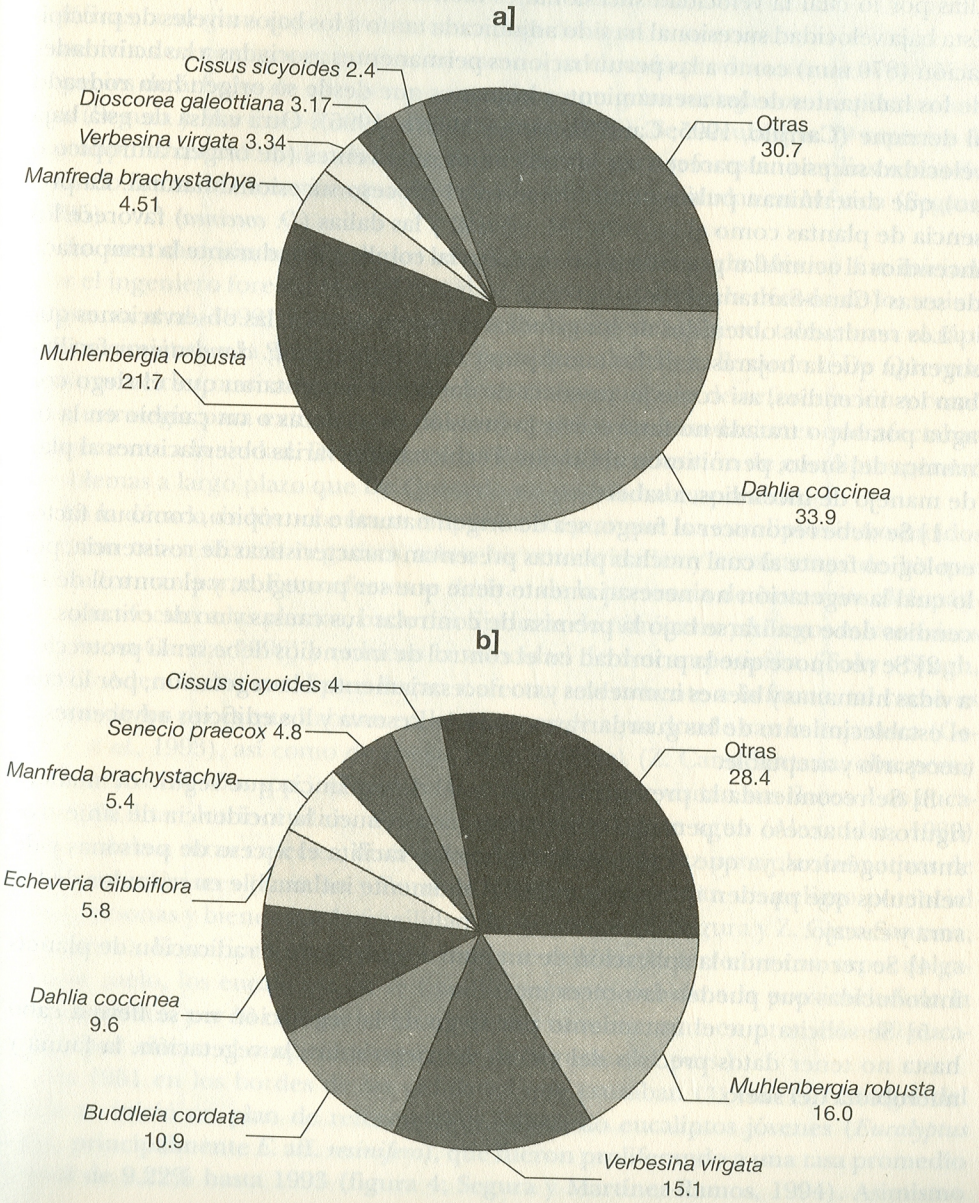
En particular, en México los 10 658 incendios de esa temporada seca cobraron la vida de 48 personas y consumieron 286 000 ha de pastizales, bosques y, en menor medida, áreas agrícolas (*La Jornada*, 20/05/1998, p. 42, y 21/05/1998, p. 42). Actualmente se sabe que muchos tipos de bosques, matorrales y pastizales son regulados por fuego (Keeley y Keeley, 1981; Towne y Knapp, 1996; Fulé y Covington, 1997), aunque aún falta mucho por conocer del papel de este factor ecológico en muchas zonas del planeta y del país. A pesar de que el fuego es parte de los procesos ecológicos que determinan la dinámica de muchos ecosistemas, la reducción en las áreas naturales y la cercanía de los asentamientos humanos han hecho que se les considere verdaderos desastres en prácticamente todo el mundo.

La comunidad vegetal de la Reserva de CU y varias zonas de vegetación natural del *campus* sufrieron en su pequeña extensión alrededor de 240 incendios de diversa magnitud en distintas fechas entre febrero y mayo de 1998 (L. Colchado, com. pers.). Debido a estos incendios, durante la temporada de secas de 1999 la UNAM organizó la Comisión de Combate y Control de Incendios en la Reserva del Pedregal, conformado por representantes de varias dependencias de la UNAM. Esta comisión se formó mientras simultáneamente se aplicaba un plan de prevención de incendios basado en las siguientes acciones: 1] instalación de guardarrayas libres de vegetación introducida entre los edificios y los terrenos de reserva ecológica adyacentes, 2] instalación y mantenimiento de brechas de seis m de ancho que permitan la entrada de camiones cisterna para controlar los incendios del interior de la reserva durante la temporada de secas y 3] nivelación de las brechas. Adicionalmente, se planeaba aplicar un plan de riego de la vegetación adyacente al borde de las brechas y guardarrayas para controlar incendios.

El Comité Técnico de la Reserva valoró este tipo de manejo para el control de incendios, basándose sobre todo en los datos de regeneración de la vegetación en dos sitios de la Reserva, realizado por Cano-Santana y León-Rico (1998). En este estudio se siguió el proceso de regeneración en un sitio incendiado el 16 de marzo (sitio A) y otro incendiado el 4 de abril (sitio B). La vegetación fue monitoreada cada 15 a 30 días hasta el mes de octubre usando métodos de muestreo de vegetación con área y sin área. Se encontró que sobrevivieron al fuego todos los individuos de *Agave* sp., y la mayoría de los individuos de las especies *Opuntia tomentosa* y *Mammilaria magnimamma*. Las especies que se regeneraron tempranamente a partir de estructuras vegetativas subterráneas fueron *M. robusta*, *Wigandia urens*, *B. cordata*, *Stevia salicifolia*, *E. petiolare* y *Cissus sicyoides*. Desde abril hasta agosto la cobertura vegetal se recuperó de 1.8 a 64%, y en octubre alcanzó 83.4%, quedando sólo 16.6% de suelo desnudo (datos promedio de los dos sitios). La riqueza específica fue creciendo de 10 a 63 especies en el sitio A y de cinco a 77 en el B. Las especies dominantes durante el proceso de regeneración fueron, en orden de importancia, *D. coccinea*, *M. robusta*, *M. brachystachya*, *V. virgata*, *Dioscorea galeottinana* y *C. sicyoides* en ambos sitios (figura 3a). En condiciones naturales, las especies dominantes en términos de su aportación a la producción primaria neta aérea, son, en orden de importancia, *V. virgata*, *M. robusta*, *B. cordata*, *D. coccinea*, *E. gibbiflora*, *M. brachystachya*, *S. praecox* y *C. sicyoides* (figura 3b; Cano-Santana, 1994b). Lo anterior sugería que la regeneración ocurre de manera

FIGURA 3

a] Contribución de cada especie vegetal a la cobertura de la comunidad vegetal de la Reserva de Ciudad Universitaria en octubre de 1998, siete meses después de haber ocurrido un incendio (Cano-Santana y León-Rico, 1998; datos promedio de dos sitios).
b] Contribución de cada especie vegetal a la producción primaria neta aérea de la comunidad vegetal de la Reserva de Ciudad Universitaria (datos promedio ponderados de 1990 y 1991; Cano-Santana, 1994b).



natural y acelerada, ya que la mayoría de las especies dominantes, excepto *B. cordata* y *E. gibbiflora*, recuperaron rápidamente su cobertura después del incendio. De hecho, las especies más afectadas por el fuego fueron las arbóreas, como *B. cordata*, *B. parviflora* y *Eysenhardtia polystachya*, las cuales únicamente sufren una retrogresión perdiendo la dominancia apical desarrollando nuevos tallos basales.

La Reserva de CU, al estar enclavada en las partes bajas del derrame del Xitle (2240-2350 msnm), presenta condiciones más secas que las zonas de las partes más altas por lo cual la velocidad sucesional es menor (Cano-Santana y Meave, 1996). Esta baja velocidad sucesional ha sido adjudicada tanto a los bajos niveles de precipitación (870 mm) como a las perturbaciones permanentes asociadas a las actividades de los habitantes de los asentamientos humanos que desde su origen han rodeado al derrame (Carrillo, 1995; Cano-Santana y Meave, 1996). Otra causa de esta baja velocidad sucesional parecen ser los incendios recurrentes (de origen antrópico o no) que determinan pulsos de retroceso en el proceso sucesional natural. La presencia de plantas como el zacatón (*M. robusta*) y las dalias (*D. coccinea*) favorece los incendios al acumular gran cantidad de material combustible durante la temporada de secas (Cano-Santana, 1994b).

Los resultados obtenidos de los estudios de regeneración, las observaciones que sugerían que la hojarasca de los eucaliptos y de la gramínea *P. clandestinum* facilitaban los incendios, así como la ausencia de datos que sustentaran que el riego con agua potable o tratada no favorecería la invasión de malezas o un cambio en la dinámica del suelo, permitieron al Comité Técnico hacer varias observaciones al plan de manejo de incendios, a saber:

1] Se debe reconocer al fuego, sea de origen natural o antrópico, como un factor ecológico frente al cual muchas plantas presentan características de resistencia, por lo cual la vegetación no necesariamente tiene que ser protegida, y el control de incendios debe realizarse bajo la premisa de controlar sus causas y no de evitarlos.

2] Se reconoce que la prioridad en el control de incendios debe ser la protección a vidas humanas y bienes inmuebles y no necesariamente a la vegetación, por lo cual el establecimiento de las guardarrayas entre la Reserva y los edificios adyacentes es necesario y aceptable.

3] Se recomienda la presencia de personal de vigilancia que regule de manera rigurosa el acceso de personas a la reserva para reducir la incidencia de siniestros antropogénicos, ya que la presencia de brechas facilita el acceso de personas y de vehículos que pueden introducir material altamente inflamable en cúmulos de basura y cascajo.

4] Se recomienda la aplicación de un plan adecuado de erradicación de plantas introducidas que pueden favorecer incendios.

5] Se solicita que el tratamiento por riego de la vegetación no se lleve a cabo hasta no tener datos precisos del efecto del riego sobre la vegetación, la fauna y microbiota del suelo.

El plan de control de eucaliptos en las áreas verdes y la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria

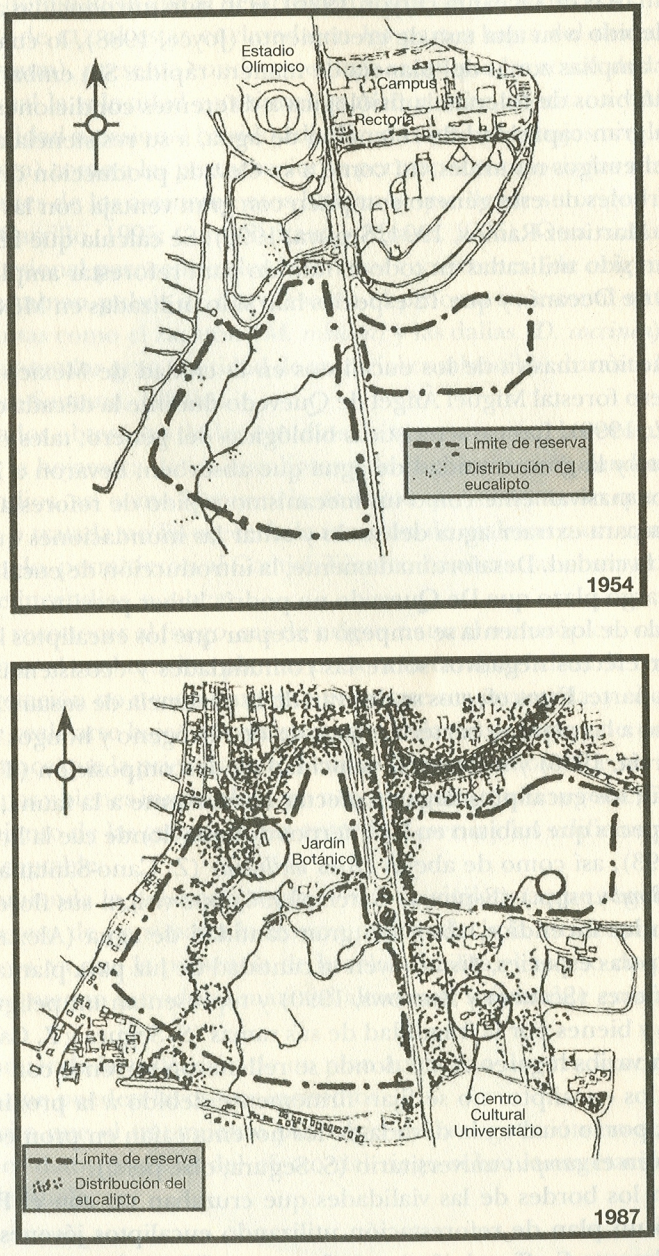
Las plantas del género *Eucalyptus* son leñosas, en su mayoría arbóreas (Cronquist, 1981), y originarias de Oceanía (Pryor, 1976). Han sido introducidas a otras partes del mundo debido a su alta tasa de crecimiento (Joyce, 1988), lo cual ha permitido reforestar amplias zonas del planeta de manera rápida. Sin embargo, debido a sus amplios ámbitos de tolerancia fisiólogica a diferentes condiciones climáticas y edáficas, a su gran capacidad de retención de agua, a su resistencia al fuego, a la ausencia de enemigos naturales, así como a su elevada producción de semillas, las especies de árboles de este género compiten con gran ventaja con las plantas nativas (Segura y Martínez-Ramos, 1994; Segura, 1995). Se calcula que 29 especies de eucaliptos han sido utilizadas en todo el mundo para reforestar amplias zonas del mundo fuera de Oceanía y que 12 especies han sido utilizadas en México (Segura, 1995).

La introducción masiva de los eucaliptos en la ciudad de México fue iniciada por el ingeniero forestal Miguel Ángel de Quevedo durante la década de los treinta (Ezcurra *et al.*, 1999). Las características biológicas del género, tales como el rápido crecimiento y la gran cantidad de agua que absorben, llevaron a De Quevedo a introducirlos masivamente como un mecanismo rápido de reforestación y como una estrategia para extraer agua del suelo y evitar las inundaciones que afectaban gravemente a la ciudad. Desafortunadamente, la introducción de eucaliptos generó problemas a largo plazo que De Quevedo no podría haber previsto.

En la década de los ochenta se empezó a aceptar que los eucaliptos introducidos podrían tener efectos negativos sobre las comunidades y ecosistemas de las que ahora forman parte. Estos efectos se derivan de la presencia de sustancias alelopáticas que afectan a las plantas, bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrízicos (Espinosa-García, 1996) y reducen la velocidad de descomposición (Toky y Singh, 1993). Además, los eucaliptos llegan a afectar severamente a la fauna, tal como es el caso de los peces que habitan en los cuerpos de agua donde cae la hojarasca (Gehrke *et al.*, 1993), así como de abejas (*Apis mellifera*) (Z. Cano-Santana, obs. pers.) y abejorros (*Bombus* spp.) (Espinosa-García, 1996) que visitan sus flores. Los eucaliptos facilitan los incendios, absorben gran cantidad de agua (Alexander, 1989) limitándola a otras especies, disminuyen la cantidad de luz para plantas nativas de sustratos inferiores (Scanlan y Burrows, 1990) y representan un peligro potencial para personas y bienes por la fragilidad de sus ramas (S. Segura y Z. Cano-Santana, obs. pers.). En varios lugares de CU donde se rellenaron terrenos con capas delgadas de suelo, los eucaliptos no se fijan firmemente debido a la proximidad de la roca basáltica, por lo cual en la década de los noventa caían en promedio 60 eucaliptos por año en el *campus* universitario (S. Segura, obs. pers.).

En 1951 en los bordes de las vialidades que cruzaban CU con el Pedregal del Xitle se inició un plan de reforestación utilizando eucaliptos jóvenes (*Eucalyptus* spp., principalmente *E.* aff. *resinifera*), que fueron proliferando a una tasa promedio anual de 9.22% hasta 1993 (figura 4; Segura y Martínez-Ramos, 1994). Asimismo

FIGURA 4
Mapa de distribución de los eucaliptos sobre terrenos urbanos y de reserva ecológica de la Ciudad Universitaria de la UNAM en 1954 y en 1987.



se calculó que existían 28 000 eucaliptos en toda la Ciudad Universitaria, 25 000 en zonas urbanas y 3 000 en la reserva ecológica "El Pedregal".

Para atender los principales problemas ecológicos del *campus* universitario en 1991 la UNAM creó el Programa de Control Ecológico del Campus. Dicho programa contempla el Subprograma de Mejoramiento Continuo de Áreas Verdes que se encarga de rehabilitar las áreas jardinadas y restaurar las áreas naturales de CU. Como primera actividad de este subprograma se realizó un inventario de las plantas leñosas en todas las áreas jardinadas del *campus* durante 1994 y 1995. Uno de los resultados del inventario fue que 80% de las especies de árboles y arbustos son introducidas, encontrándose que *Eucalyptus* aff. *resinifera* representa 60% de todos los árboles no nativos en el *campus*, por lo cual se creó un Plan de Control de Eucaliptos, basándose en datos demográficos (Segura y Martínez-Ramos, 1994; Segura, 1995). La matriz de sensibilidad obtenida en este estudio mostró que los individuos que se encuentran en las categorías de tamaño de entre 4.1 y 16.0 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) son las más críticas para el crecimiento de la población. Dado este resultado el plan de manejo para el control de los eucaliptos propuso: 1] talar todos los individuos menores a 16 cm de DAP en las zonas urbanas, lo cual equivalía a eliminar 60% de los eucaliptos de estas zonas, esto es, al menos 15 000; 2] talar 100% de los eucaliptos localizados en terrenos de la Reserva Ecológica (aproximadamente 3 000 eucaliptos); 3] talar todos los eucaliptos que, aunque no sean menores de 16 cm de DAP, puedan ser inadecuados o peligrosos debido a que reducen visibilidad de los conductores de vehículos, deterioran el pavimento, banquetas y edificios, o bien ponen en peligro bienes y personas por estar muy desarrollados, desbalanceados o muertos; 4] introducir, en una proporción de uno por cada cuatro eucaliptos talados, individuos de especies nativas de la zona del Pedregal o de la Cuenca de México en las áreas de amortiguamiento y otras áreas verdes de CU (*Quercus rugosa, Q. crassipes, Q. castanea, Q. laeta, Q. laurina, D. viscosa, E. polystachya, Cassia tomentosa, Alnus acuminata, B. cordata, S. praecox, Acer negundo, Fraxinus uhdei* y *Liquidambar macrophylla*); y 5] permitir la regeneración natural en la zona de Reserva Ecológica.

Este programa se definió durante el segundo semestre de 1993 y su ejecución comenzó desde enero de 1994. Hasta enero de 2001 se habían eliminado 10 279 eucaliptos: 9 279 de las zonas urbanas (que representa 61.9% de avance) y 1 000 que se encontraban en la reserva ecológica (que representa 33.3% de avance). A partir de 1997 se está dando prioridad al programa de sustitución de los eucaliptos talados en las zonas urbanas, debido a que se liberaron espacios y recursos para plantar nuevos individuos, sobre todo de especies nativas, sin eliminar totalmente las de especies introducidas con fines de ornato. Desde enero de 2001 la tala disminuyó su frecuencia debido al avance obtenido y se ha concentrado desde entonces prácticamente en eliminar los árboles peligrosos para prevenir accidentes; se calcula que hasta enero de 2005 se ha acumulado un total de 14 000 eucaliptos eliminados de la Ciudad Universitaria de los 28 000 que se calcularon que existían en 1994.

S. Segura y J. Meave (datos no publ.) demostraron que la riqueza específica de especies nativas en la Reserva es más alta que la encontrada en los sitios afectados

por los eucaliptos, y que la remoción de troncos y hojarasca no afecta de manera inmediata (al cabo de dos años) la riqueza específica de plantas nativas pero sí la presencia de las especies arbóreas nativas como *Buddleia cordata*, que al parecer necesita mayor espacio abierto para germinar y establecerse, es decir, requiere la tala de los eucaliptos. Lo que sí parece cambiar de manera inmediata después de la remoción de eucaliptos es el paisaje del sotobosque, pues las coberturas de plantas de especies nativas se incrementaron en mayor proporción que las de las plantas malezoides durante la temporada de lluvias.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las zonas protegidas del derrame del Xitle, como todas las de la zona metropolitana de la ciudad de México, se encuentran asediadas por el imparable y caótico crecimiento urbano. Sin embargo, aún en los casos en los que la extensión del área protegida es muy reducida, algunas de esas áreas protegidas representan la única oportunidad de conservación de las especies que las conforman y de los procesos ambientales que las definen y que prestan un servicio ecológico y ambiental a los habitantes de la ciudad. Un análisis del estado de conocimiento generado en estudios científicos realizados en esta área, nos permite concluir que este sitio, al estar cercano a la UNAM y a la capital del país, ha sido objeto de numerosos estudios de diversa índole. Desgraciadamente, como se ha visto, muchos de estos estudios no han sido publicados, por lo que los conocimientos generados, se encuentran en la etapa de análisis, o bien se encuentran concentrados en tesis, resúmenes de congresos, informes técnicos y, en el mejor de los casos, en artículos de divulgación. Esto provoca que la información se mantenga relativamente inaccesible. Aún así, el Pedregal del Xitle ofrece un sistema natural para llevar a cabo estudios de ecología teórica y aplicada, que ha permitido generar conocimientos científicos que trascienden en revistas arbitradas nacionales e internacionales (más de 130 artículos; C. García-Jiménez, datos no pub.). Actualmente los trabajos que logran hacer un esfuerzo de síntesis de este conocimiento son el de Rojo (1994) y el de Carrillo (1995).

A pesar de lo anterior, en este trabajo encontramos que los conocimientos científicos (ecológicos, botánicos, zoológicos y geológicos) adquiridos han permitido 1] diseñar nuevas áreas protegidas en la Reserva de CU y en el predio "Los Encinos", 2] proponer acciones de restauración ecológica en el PECM, 3] ejecutar acciones de restauración en el Parque Cuicuilco, y 4] establecer, proponer y ejecutar políticas de manejo para el control de eucaliptos y para el control de incendios en el *campus* de CU de la UNAM y en su Reserva Ecológica. La información que ha permitido establecer las acciones de manejo, conservación y restauración proviene sobre todo de la integración de conocimientos científicos generados de estudios locales (del mismo sitio en que se hizo el estudio) y regionales (generados de estudios realizados en el Pedregal del Xitle). Sin embargo, aunque en menor medida, los conocimientos

generados por estudios globales (realizados en áreas de otras partes del mundo) también han hecho aportaciones para la conservación.

Otros elementos que deben tomarse en cuenta para ejecutar acciones de conservación, restauración y manejo son los siguientes:

1] Las áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle se encuentran muy fragmentadas (figura 1) y sus fragmentos suelen ser pequeños, por lo cual las tasas de extinción de especies son altas (Mac Arthur y Wilson, 1967). Es necesario valorar la interdependencia que estas zonas tienen entre sí, como potenciales corredores y fuentes de colonización de especies. En este sentido, se debe evaluar el estado de conservación de las áreas verdes y/o protegidas asentadas cerca y sobre el Pedregal del Xitle. En particular se requiere abordar y completar estudios de flora y fauna de zonas como el Bosque de Tlalpan, el cerro Zacatépetl y el Parque Cuicuilco, así como de los fragmentos de vegetación natural que aún subsisten en la zona (véase por ejemplo, Cano-Santana *et al.*, 2005). La protección y el manejo adecuado de las áreas verdes circundantes a las áreas protegidas incrementaría las posibilidades de subsistencia de los elementos faunísticos y florísticos que presentan mecanismos de dispersión a distancia (aves, murciélagos, insectos y plantas anemócoras), ya que estas áreas pueden ofrecer recursos suficientes y condiciones adecuadas para la sobrevivencia de estos organismos (Cano-Santana *et al.*, 1999). Asimismo, las áreas verdes de las zonas urbanas (camellones, parques y jardines) deben valorarse por su potencial amortiguador sobre las áreas naturales, en el mismo sentido en que se propusieron las AVME en la Reserva de CU en 1996 y que ahora, en 2005, la mayoría de ellas se convertirán en zonas de amortiguamiento. También es importante incorporar estas áreas a los programas de reforestación y de reintroducción de plantas nativas, lo cual permitiría el restablecimiento y la permanencia de la fauna y microbiota nativa.

2] Las áreas protegidas del Pedregal del Xitle dependen de varias instituciones (UNAM, INAH y gobierno local), en tanto que algunas áreas conservadas están en manos de particulares. Por lo anterior, se requiere de un programa integral de protección de las áreas verdes del sur de la ciudad de México, el cual coordine los planes y las acciones de conservación, restauración y manejo. Hasta la fecha los esfuerzos no están coordinados, a tal grado que este trabajo constituye el primer esfuerzo para sintetizar los conocimientos y los esfuerzos de conservación realizados en toda esta área de estudio.

3] La información ecológica disponible se ha incrementado rápidamente, pero aún hace falta generar información sobre muchas características ecológicas fundamentales, como son los estudios edafológicos e hídricos, así como de ecología animal, vegetal y microbiana.

4] Muchos de los datos con los que se cuenta, como por ejemplo de los aspectos poblacionales de *Salvia mexicana* en el PECM y de fenología reproductiva tanto en esta zona (M. Martínez-Romero, 1997) como en la reserva del Pedregal de CU (César-García, 2002), no han sido analizados cabalmente para extraer las lecciones de restauración que de estos estudios emanan.

5] A pesar del deterioro y fragmentación de las áreas verdes de vegetación natural en el sur de la ciudad de México, ellas ofrecen servicios ecosistémicos de im-

portancia fundamental (véase Daily *et al.*, 1997), los cuales no han sido plenamente evaluados, como son la recarga de los mantos acuíferos de la Cuenca de México, el mantenimiento de la biodiversidad de la Cuenca, la mitigación de inundaciones y la estabilización del clima en el sur de la ciudad. Asimismo, proveen a los habitantes de esta gran urbe carente de suficientes áreas verdes de un paisaje estético y de un sitio para la recreación.

La ciudad de México representa un mosaico de problemas socioeconómicos, urbanos y ecológicos que constituyen uno de los grandes retos para los gobiernos local y federal, así como para los académicos y para la sociedad. El conocimiento científico sin duda ofrece herramientas sólidas para enfrentar los problemas ecológicos de la ciudad, que serán sin duda uno de los mayores retos del siglo XXI.

AGRADECIMIENTOS

En este trabajo se reportan algunos resultados producto del apoyo a los proyectos DGAPA IN209292 y DGAPA IN205796. Agradecemos a Cristina Pérez Castillo su ayuda en la recopilación de la información bibliográfica. También agradecemos a la Sociedad Botánica de México y en particular al doctor Ken Oyama por la organización del Simposio que motivó la elaboración de este trabajo, y a la doctora Alicia Castillo el esfuerzo de recopilar y publicar los materiales ahí presentados. A Marco A. Romero le agradecemos su apoyo técnico.

LITERATURA CITADA

Aguilar, A., E. Ezcurra, T. García, H.M. Mazari e I. Pisanty, 1995, The Basin of Mexico, en J.X. Kasperson, R.E. Kasperson y B. Turner III (eds.), *Regions at risk: Comparisons of threatened environments*, Tokyo, United Nations University Press, pp. 304-366.

Alexander, M.J., 1989, The long term effect of eucalyptus plantations on tin-mine spoil and its implications for reclamation, *Landscape and Urban Planning* 17:47-60.

Álvarez, J., J. Carabias, J. Meave, P. Moreno, D. Nava, Z. Fuensanta, C. Tovar y A. Valiente-Banuet, 1982, *Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Ángel, Laboratorio de Ecología*, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Anónimo, 1995, *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales*, México, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad, 161 pp.

Arizmendi, M.C., A. Espinosa de los Monteros y F.J. Ornelas, 1994, Las aves del Pedregal de San Ángel, en A. Rojo (comp.), *Reserva ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*, México, UNAM, pp. 239-260.

Benítez, G., A. Chacalo e I. Barois, 1987, Evaluación comparativa de la pérdida de la cubierta vegetal y cambios en el uso del suelo en el sur de la ciudad de México, en E.H. Rapoport e I.R. López-Moreno (eds.), *Aportes a la ecología urbana de la ciudad de México*, México, Limusa, pp. 193-223.

Bonfil, C., I. Pisanty, A. Mendoza y J. Soberón, 1997, Investigación y restauración ecológica: El caso del Ajusco Medio, *Ciencia y Desarrollo* 135:14-23.

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, entregado a la Coordinación de la Investigación Científica, UNAM, México.

Cabrera, L., 1995, Ecología comparativa de dos comunidades de aves en un bosque templado del Ajusco Medio, Distrito Federal, tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

———, 1999, *La avifauna del sur del Valle de México: aplicación de un enfoque sinecológico-paisajístico para su conservación*, tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 107 pp.

Cabrera L., P.E. Mendoza-Hernández, V. Peña, C. Bonfil y J. Soberón, 1998, Evaluación de una plantación de encinos (*Quercus rugosa* Neé) en el Ajusco Medio, Distrito Federal, *Agrociencia* 32:149-155.

Cano-Santana, Z., 1994a, La reserva del Pedregal como ecosistema, en A. Rojo (comp.), *Reserva ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*, México, UNAM, pp. 149-158.

———, 1994b, *Flujo de energía a través de Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) *y productividad primaria neta áerea en una comunidad xerófita*, tesis doctoral, Centro de Ecología y UACPyP-CCH, UNAM, México, 198 pp.

———, 1997, Conservación de las monarcas, desprecio por los plebeyos, *Ciencias* 46:46-47.

Cano-Santana, Z. y R. León-Rico, 1998, Regeneración de la vegetación después de un incendio en una comunidad sucesional temprana de la ciudad de México, en *Resúmenes del VII Congreso Latinoamericano de Botánica y del XIV Congreso Mexicano de Botánica*, Sociedad Botánica de México, México.

Cano-Santana, Z. y J. Martínez-Sánchez, 2000, *Las cuevas y sus habitantes*, México, Fondo de Cultura Económica (en prensa).

Cano-Santana, Z. y J. Meave, 1996, Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xitle, *Ciencias* 41: 41-68.

Cano-Santana, Z., J. Meave, M.C. Arizmendi, F. César-García, J.C. Chávez, M.A. Romero, S. Segura y E. Tovar, 1999, Evaluación del potencial biológico y del estado de conservación del predio "Los Encinos", Tlalpan, Distrito Federal, Reporte Técnico entregado a la Comisión de Recursos Naturales del Gobierno del Distrito Federal, México.

Cano-Santana, Z., S. Castillo, P.E. Mendoza-Hernández, Y. Martínez, S. Juárez-Orozco, I. Castellanos-Vargas, I. Victoria, L. Padilla, M. Flores, O. Núñez y M.A. Romero, 2005, Diversidad y estado de conservación de dos terrenos del sur de Ciudad Universitaria para ser incorporados a la Reserva Ecológica. Informe Técnico entregado a la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM, México.

Carrillo, C., 1995, *El Pedregal de San Ángel*, México, UNAM, 167 pp.

César-García, F., 2002, Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. (México), tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 105 pp.

Chávez, J.C. y G. Ceballos, 1994, Historia natural comparada de los pequeños mamíferos

de la Reserva El Pedregal, en A. Rojo (comp.), *Reserva ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*, México, UNAM, pp. 229-237.

Connell, J.H. y R.O. Slatyer, 1977, Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization, *American Naturalist* 111:1119-1144.

Cronquist, A., 1981, *An integrated system of classification of flowering plants*, Nueva York, Columbia University Press, 1262 pp.

Daily, G.C., S. Alexander, P.R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P.A. Matson, H.A. Mooney, S. Postel, S.H. Schneider, D. Tilmen y G.M. Woodwell, 1997, Ecosystem services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems, Issues in Ecology núm. 2, *Ecological Society of America*, Washington, 16 pp.

Espinasa-Pereña, R., 1999, *Origen y evolución de tubos de lava de la Sierra Chichinautzin: El caso del volcán Suchiooc*, tesis de maestría, Instituto de Geofísica, UNAM, México, 94 pp.

Espinosa-García, F.J., 1996, Revisión sobre la alelopatía de *Eucalyptus* L'Herit, *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58:55-74.

Ezcurra, E., 1991, *De las chinampas a la megalópolis*, México, Fondo de Cultura Económica, 119 pp.

Ezcurra, E., M. Mazari, I. Pisanty y G.A. Aguilar, 1999, *The basin of Mexico*, Tokio, United Nations of University Press, 236 pp.

Figueroa-Castro, D.M., 1997, *Análisis comparativo de la biología floral de compuestas del Pedregal de San Ángel, D.F. (México)*, tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Fulé, P.Z. y W.W. Covington, 1997, Fire regimes and forest structurein the Sierra Madre Occidental, Durango, Mexico, *Acta Botánica Mexicana* 41:43-79.

Gehrke, P.C., M.B. Revell y A.W. Philbey, 1993, Effects of river red gum, *Eucalyptus camaldulensis*, litter on golden perch, *Macqaria*, *Journal of Fish Biology* 43:265-279.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática), 1984, Anuario estadístico del Distrito Federal, México, INEGI.

———, 1998, Anuario estadístico del Distrito Federal, México, INEGI.

Joyce, C., 1988, The tree that caused a riot, *New Scientist* 18:54-59.

Keeley, J.E. y S.C. Keeley, 1981, Post-fire regeneration of Southern California Chaparral, *American Journal of Botany* 68:524-530.

Lavín, M., 1983, Cambios en las áreas verdes de la zona metropolitana de la ciudad de México de 1940 a 1980, informe interno, Instituto de Ecología, México.

Lenz, H., 1996, *San Ángel*, México, Miguel Ángel Porrúa, 101 pp.

MacArthur, R.H. y E.O. Wilson, 1967, *The Theory of Island Biogeography*, Princeton, N.J.Princeton University Press.

Martínez-Romero, E., 1997, *Estudio demográfico de* Sedum oxypetalum (Crassulaceae) *en Lomas del Seminario, Ajusco Medio, D.F.*, tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 129 pp.

Martíneż-Romero, M., 1997, *Fenología de especies herbáceas y arbustivas del Parque Ecológico de la Ciudad de México, Ajusco Medio, D.F.*, tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 82 pp.

Mendoza-Hernández, P.E., 2002, *Sobrevivencia y crecimiento de los estadios iniciales de* Buddleia cordata *(tepozán) en ambientes contrastantes del Ajusco medio, D.F. México*, tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 89 pp.

Mendoza-Hernández, P.E., 2003., El tepozán, *Ciencias* 70:32-33.

Negrete, A. y J. Soberón, 1994, Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica del Pedregal, en A. Rojo (comp.), *Reserva ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*, México, UNAM, pp. 219-228.

Picker, M.D. y M.J. Samways, 1996, Faunal diversity and endemicity of the Cape Peninsula, South Africa – A first assessment, *Biodiversity and Conservation* 5:591-606.

Pryor, L.D., 1976, *Biology of Eucalyptus*, Studies in Biology núm. 61, Edward Arnold, Londres, 82 pp.

Pyle, R., M. Bentzien y P. Opler, 1981, Insect conservation, *Annual Review of Entomology* 26:233-258.

Ríos-Casanova, L., 1993, *Variación espacial y temporal de los artrópodos epífitos de la reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. (México)*, tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

——— y Z. Cano-Santana, 1994, Análisis cuantitativo de los artrópodos epífitos del Pedregal de San Ángel, en A. Rojo (comp.), *Reserva ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*, México, UNAM, pp. 275-281.

Rojo, A. (comp.), 1994, *Reserva ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*, México, UNAM, 410 pp.

Ruiz, L.C., 1996, *Microsucesión bajo dos especies* (Sedum oxypetalum y Buddleia cordata) *indicadoras de distintos estadios serales en el Ajusco Medio*, tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 73 pp.

Rzedowski, J., 1954, Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México), IPN, *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 8:59-129.

———, 1991, Clima, en J. Rzedowski y G.C. Rzedowski (eds.), *Flora fanerogámica del Valle de México*, vol. I. Generalidades, *Gymnospermae, Dicotyledonae* (*Saururaceae – Polygalaceae*), México, Compañía Editorial Continental, pp. 27-36.

Sanders, W.T., J.R. Parsons y R. Santley, 1979, *The Basin of Mexico: Ecological Processes in the Evolution of a Civilization*, Nueva York, Academic Press, 561 pp.

Scanlan, J.C. y W.H. Burrows, 1990, Woody oversorey impact on herbaceous understorey in *Eucalyptus* spp. communities in central Queensland, *Australian Journal of Ecology* 15:191-197.

Sedesol (Secretaría de Desarrollo Social), 1994, Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres sujetas a protección especial, *Diario Oficial de la Federación*, México, tomo 488, núm. 10.

Segura, S., 1995, *Estudio poblacional de* Eucalyptus resinifera *Smith (*Myrtaceae*) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México, D.F.*, tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 90 pp.

——— y M. Martínez-Ramos, 1994, La introducción de especies a comunidades naturales: el caso de *Eucalyptus resinifera* Smith (Myrtaceae) en la Reserva "El Pedregal de San Ángel", en A. Rojo (comp.), *Reserva ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*, México, UNAM, pp. 177-186.

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 Mexico City, en G. Brundu, J. Brock, I. Camarda, L. Child y M. Wade (eds.), *Plant invasions: species ecology and ecosystem management*, Leiden, Holanda, Backhuys Publishers, pp. 319-330.

Soberón, J., M. de la Cruz y G. Jiménez, 1991a, Ecología hipotética de la reserva del Pedregal de San Ángel, *Ciencia y Desarrollo* 99:25-38.

Soberón, J., R. de la Maza, A. Hernández, C. Bonfil, S. Careaga, J. Gamboa de Buen, H. García y G. Espinosa, 1991b, Reporte técnico final del primer año del proyecto "Restauración ecológica de Lomas del Seminario", Centro de Ecología, UNAM y Coordinación General de Reordenamiento Urbano y Protección Ecológica, DDF, 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.

Tovar, E., 1999, *Estructura de las comunidades de artrópodos epífitos asociados a los encinos* (Quercus spp.) *del Valle de México*, tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 90 pp.

Towne, E.G. y A.K. Knapp, 1996, Biomass and density responses in tallgrass prairie legumes to annual fire and topographic position, *American Journal of Botany* 83:175-179.

UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), 1983, Beneficia a la zona sur del Distrito Federal la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria, en A. Rojo (comp.), *Reserva ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*, México, UNAM (1994), pp. 383-384.

——, 1990, Acuerdo por el que se redefine la zona de Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria, en A. Rojo (comp.), *Reserva ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*, México, UNAM (1994), pp. 385-386.

——, 1996, Acuerdo por el que se reordena e incrementa la zona de la Reserva Ecológica de la Ciudad Universitaria, *Gaceta UNAM* (suplemento especial), 14 de marzo de 1996:9-11.

——, 1997, Acuerdo por el que se reestructura e incrementa la zona de Reserva Ecológica y se declaran las Áreas Verdes de Manejo Especial de la Ciudad Universitaria, *Gaceta UNAM*, 13 de enero de 1997:15-17.

Valiente-Banuet, A. y E. de Luna, 1990, Una lista florística para la Reserva del Pedregal de San Ángel, *Acta Botánica Mexicana* 9:13-30.

Vargas, M.F., 1997, *Parques Nacionales de México*, vol. I: *Zona Centro, Occidente y Oriente*, México, Semarnap, 343 pp.

Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia, 1990, Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats, *Oecologia* 83:171-175.

Wolf, E.R., 1976, *The Valley of Mexico. Studies in pre-hispanic ecology and society*, Albuquerque, Nuevo México, University of New Mexico Press, 337 pp.

ESTRATEGIA INTEGRAL DE CONSERVACIÓN DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE HUAUTLA, MORELOS

ÓSCAR DORADO, DULCE M. ARIAS, BELINDA MALDONADO *y* ESAÚ LEYVA*

INTRODUCCIÓN

Con el objeto de aminorar los efectos negativos de la degradación ambiental, las áreas naturales protegidas (ANP) son la opción óptima de conservación, si representan una estrategia indispensable para contribuir a la conservación de la biodiversidad. Afortunadamente, a partir de 1996 en México se dieron grandes avances con relación al fortalecimiento de los programas de manejo y monitoreo de las ANP. Esto originó que se redireccionaran ciertos esquemas anacrónicos de trabajo en el sector oficial. Por ejemplo, hasta hace pocos años existía un sesgo pronunciado en la biología tropical, dirigido al estudio de las selvas tropicales húmedas, las cuales indudablemente han sido severamente dañadas no sólo en México, sino en todas las regiones tropicales del mundo. Sin embargo, otros tipos de vegetación tropical biodiversos tales como la selva baja caducifolia (SBC) (Miranda y Hernández-X., 1963) o bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1978) habían sido olvidados drásticamente y requerían de una mayor atención en relación con el conocimiento científico (Dorado, 1997; Trejo y Dirzo, 2000) producido sobre este ecosistema. La SBC es considerada el tipo de vegetación tropical en mayor peligro de desaparecer totalmente (Janzen, 1986). Quizá una de las razones principales de esta falta de atención se debe a su "poco carisma", aspecto que está relacionado con su marcada estacionalidad climática, caracterizada por una época de lluvias (junio-septiembre) en la cual la vegetación luce exuberantemente verde, contrastando con la época de secas (octubre-mayo), en la cual la mayor parte de las especies vegetales se desprenden de sus hojas (Arias *et al.*, 2002). El aspecto de esta época del año es grisáceo y "desolador" para muchos. Adicionalmente, los árboles de la SBC normalmente no sobrepasan los 10-12 m de altura. Por otro lado, aun cuando se pudiera pensar que la SBC no es "carismática", su relevancia biológica es excepcional, ya que —por ejemplo— ésta presenta un porcentaje mucho mayor (más del 40%) de las plantas endémicas de México que la selva tropical húmeda (5%) (Rzedowski, 1991a). Aunado a esto, estudios recientes evidencian que la SBC es el tipo de vegetación en el cual los pobladores utilizan el mayor porcentaje de sus especies vegetales, siendo en muchos casos más del 55% (Maldonado, 1997); además, en el ámbito nacional es el

* Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla (CEAMISH), Universidad Autónoma del Estado de Morelos.