

# Servicios ecosistémicos

**Mariana Nava-López, Julieta Jujnovsky, Rubén Salinas-Galicia, Javier Álvarez-Sánchez y Lucia Almeida-Leñero**

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,

Universidad Nacional Autónoma de México

*mehua78@gmail.com*

## Introducción

Los seres humanos han transformado al planeta a tasas muy aceleradas, sobre todo durante la segunda mitad del siglo pasado (Balvanera y Cotler, 2007), introduciendo cambios sin precedentes en los ecosistemas con el fin de satisfacer la creciente demanda de servicios indispensables para el mejoramiento de la vida de millones de personas. Lamentablemente, esta demanda cada vez mayor, acompañada de procesos como la deforestación, el cambio climático, la desertificación y el crecimiento de la población, han puesto en riesgo a los ecosistemas (Rozzi *et al.*, 2001) reduciendo su capacidad de sustentar condiciones adecuadas de vida a generaciones futuras (MEA, 2005).

Este fenómeno se puede apreciar con mayor frecuencia en aquellas ciudades que han experimentado un crecimiento acelerado de la mancha urbana, como la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), la cual presenta una alta dependencia para el abasto de servicios. A pesar de ello, la ZMCM todavía cuenta con importantes áreas naturales como la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), la cual proporciona servicios ecosistémicos a la población capitalina.

Los servicios ecosistémicos son todos aquellos beneficios, tanto tangibles como intangibles, que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas naturales o transformados (MEA, 2003). Estos constituyen uno de los factores determinantes en la formación y estableci-

miento de las sociedades humanas que garantizan el bienestar social (GEF-UNEP, 1999). En ausencia de servicios ecosistémicos, la vida como la conocemos dejaría de existir y por ello, el valor que tienen es incuestionable (Daily *et al.*, 1997).

Los servicios ecosistémicos se clasifican en (1) servicios de provisión, (2) de regulación, (3) culturales y (4) de soporte (MEA, 2003).

Los servicios ecosistémicos que proporciona la REPSA a la ciudad no han sido completamente reconocidos ni evaluados. Sin embargo, desde el siglo XIX la Reserva ha sido objeto de diversos estudios que permiten visualizar que se trata de un ecosistema de gran importancia, sobre todo como refugio para la biodiversidad, con elevadas perspectivas para la educación ambiental y la investigación científica, que ofrece un paisaje estético y un área de recreación (Cano-Santana *et al.*, 2006).

El objetivo de este capítulo es hacer un análisis general de los servicios ecosistémicos que la REPSA proporciona.

Hasta el momento y con base en la información generada en el último siglo, en este trabajo se reconoce que esta Reserva ofrece cinco servicios de provisión, tres de regulación, cuatro culturales y tres de soporte (Fig. 1).

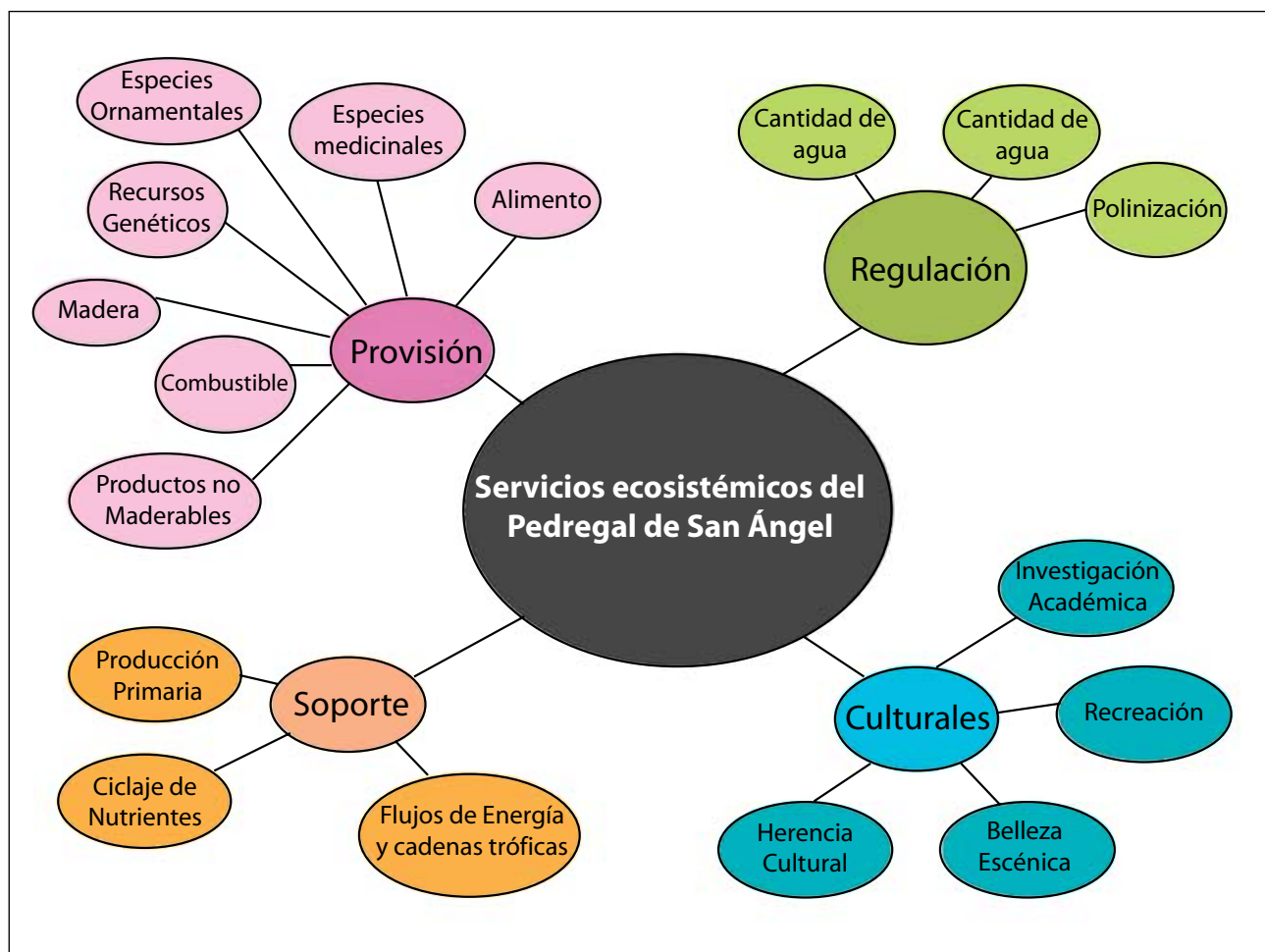


FIG. 1. Servicios ecosistémicos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

## Servicios de provisión

### Recursos genéticos

La REPSA alberga una gran cantidad de recursos genéticos representados en su alta biodiversidad (Fig. 2). La zona es una de las últimas muestras de vegetación natural dentro de la cuenca de México (Rojo, 1994), representando uno de los últimos refugios de especies dentro de la ZMCM. Se han registrado 337 especies de plantas vasculares, pertenecientes a 74 familias y 193 géneros (Castillo-Argüero *et al.*, 2004). La familia con mayor número de especies (74) es Asteraceae (Castillo-Argüero *et al.*, 2007); también se han registrado 22 espe-

cies de orquídeas, entre las que destacan *Bletia urbana* Dressler y *Galeotiella sarcoglossa* Lindl., por ser especies amenazadas y sujetas a protección especial de acuerdo a la NOM-059-ECOL-2001, respectivamente (Flores Villanueva, 2006). Asimismo, se han reconocido 25 especies, seis géneros y tres familias de hongos micorrizógenos arbusculares (Hernández-Cuevas *et al.*, 2003), así como 45 especies de hongos macromicetos (Herrera *et al.*, 2006).

Por otra parte, se han encontrado 37 especies de mamíferos, entre ellas 12 de murciélagos y 16 de roedores; se han descrito 106 especies de aves que representan el 41% de la avifauna del Distrito Federal; además se han hallado tres especies de anfibios, tres



FIG. 2. Recursos genéticos en la Reserva del Pedregal. a) *Mammillaria magnimamma* Haw. b) *Phlebodium areolatum* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) J. Sm. c) *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck. d) *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck. e) *Astrolepis sinuata* D.M. Benham & Windham y flor de *Zephyrantes sessilis*.

de lagartijas, seis de culebras y la serpiente de cascabel (Rojo y Rodríguez, 2002). Asimismo, este sitio se ha reconocido por ser un refugio muy importante para cientos de especies de artrópodos (Rueda-Salazar y Cano-Santana, en este volumen).

### Especies ornamentales

En la Reserva habitan muchas especies que son apreciadas por su valor ornamental, como *Mammillaria discolor* Haw., *M. sanangelensis* Sánchez-Mejorada (especie que además es endémica), *Dahlia coccinea* Cav., *Echeveria gibbiflora* DC., *Verbesina virgata* Cav., *Zephyrantes sessilis* Herb., *Muhlenbergia virletii* E. Fourn. y *Bletia urbana* Dressler, entre otras (Panti-Madero, 1984; Carrillo, 1995; Rojo y Rodríguez, 2002;).

### Especies medicinales

Se ha encontrado una gran cantidad de especies a las cuales se les atribuyen propiedades medicinales, como por ejemplo (ver Mera *et al.*, 2002; Rojo y Rodríguez, 2002): *Selaginella pallescens* (Presl.) Spring., *Begonia gracilis* H.B.K., *Tecoma stans* H.B.K. (como tratamiento para la diabetes), *Montanoa tomentosa* Cervant. (que facilita el parto, estimula la menstruación y es abortiva), *Senecio praecox* DC. (usado para reumatismo y heridas), *Tigridia pavonia* (L.F) D.C. (para curar la fiebre y es abortiva) y *Datura stramonium* L. (narcótico). *Bouvardia ternifolia* (Cav.) Schlecht, por su parte, es una planta que ha sido utilizada para la disentería, la rabia, tos y cólicos.

## Madera

Rzedowski (1954) mencionaba que “a pesar del pastoreo, de la quema de pastos y de la tala, aún se conservaban grandes extensiones del Pedregal casi sin modificar”. De lo que se deduce que el Pedregal proveía de pastos, así como de productos maderables. Es importante considerar que para entonces el Pedregal era un continuo en un gradiente altitudinal, desde el pueblo de San Ángel hasta las faldas del Ajusco, en cuyas zonas de mayor altitud se encontraban (y encuentran aún) bosques de encino y de pino. Algunas personas, todavía recurren a las zonas del Pedregal para obtener leña, forraje, alimento y plantas de ornato (Cano-Santana *et al.*, 1996; ver Damián-Domínguez *et al.*, en este volumen).

## Otros productos

En los depósitos de lava que presenta la REPSA (Fig. 3), existen canteras que a principios del siglo pasado suministraron piedra para la construcción de casi todos los edificios de la capital de la República (Gamio, 1929). A su vez, la extracción de este recurso fue muy importante para la construcción de Ciudad Universitaria (Carrillo, 1995).

## Alimento

En la década de 1950, todavía se observaban, en las zonas planas y con mejor formación de suelo, distintos cultivos como: maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), chícharo (*Pisum sativum* L.), haba (*Vicia faba* L.), avena (*Avena sativa* L.), maguey (*Agave* sp.) y clavel (*Dianthus* sp.) (Rzedowski, 1954).



FIG. 3. Basalto en la Reserva del Pedregal.

## Servicios de regulación

### Regulación de la cantidad y calidad de agua

Se conocen cuatro manantiales y varios cuerpos de agua en la Cantera Oriente, sin embargo no hay estudios del flujo hidrológico que permitan obtener la trayectoria del agua, es decir, de dónde proviene y a dónde se dirige. Sin embargo, se ha podido observar que la calidad del agua no es buena para el consumo humano puesto que se han encontrado bacterias y algas indicadoras de contaminación sugiriendo la presencia de desechos urbanos (H. Novelo, com. pers.).

Por otro lado, el sustrato de roca basáltica del pedregal tiene un grado de permeabilidad de medio a alto, lo que permite inferir que esta área puede ser una zona de recarga para los mantos freáticos.

### Polinización

En la Reserva existen muchas especies polinizadoras, como artrópodos, aves y murciélagos. El 96% de las especies de abejas son colectoras de polen; ellas visitan 62 especies de plantas con flores, principalmente de la familia Asteraceae, siendo *Dahlia coccinea* Cav., *Reseda luteola* L. y *Verbesina virgata* Cav. las más visitadas (Hinojosa, 1996). Se ha observado que las flores del amole *Manfreda brachystachya* (Cav.) Rose, también es polinizada por el murciélago *Leptonycteris curasoae* (Carrillo, 1995). *Echeveria gibbiflora* DC., una crasulácea abundante en el pedregal, es polinizada casi exclusivamente por el colibrí *Cyananthus latirostris* (Parra, 1988).

### Regulación del clima

El ecosistema de Pedregal puede funcionar como un importante regulador microclimático, ya que es un dissipador de calor y fuente de humedad en la estación de lluvias cuando el clima es cálido, y viceversa en la estación seca cuando el clima es frío. Barradas *et al.* (1999) realizaron un estudio acerca del balance energético en relación a la regulación climática y su importancia para la ciudad de México como área verde urbana. La temperatura máxima que registraron en el Pedregal fue de 26°C en la estación lluviosa y 29.5°C en la estación seca;

asimismo, la humedad relativa mínima registrada fue de 14.2% en secas y 24.5% en la estación de lluvias.

## Servicios culturales

### Herencia cultural

Las evidencias históricas dejadas por el hombre, en donde se distinguen los petrograbados y otros objetos arqueológicos, muestran que el Pedregal ha sido un lugar importante de culto (Robles, 1994). A principios del siglo xx, Gamio (1929) menciona que se habían encontrado una gran cantidad de vestigios arqueológicos en las canteras de Copilco, los cuales, de manera general, este autor podía clasificar en sepulcros, pavimentos e hileras de piedra, y objetos de barro. En aquel entonces, se pensaba que la cultura Arcaica del Pedregal, como se denominó a la civilización que habitó en este lugar, era la más antigua del Valle de México, y quizá de toda la República. Dentro de la REPSA existen todavía montículos de roca basáltica que merecen ser valorados desde el punto de vista arqueológico (Z. Cano-Santana, com. pers.).

### Belleza escénica

La Reserva también ha servido como fuente de inspiración por la imagen paisajística que se puede encontrar en ella (Fig. 4), tal como lo demuestran las fotografías de Armando Salas Portugal (UNAM-IEE, 2000), así como algunas pinturas de Gerardo Murillo, el Dr. Atl. Otros pintores, arquitectos y poetas contemporáneos que compartieron su asombro en el paisaje que inspiró parte de sus ideas y obras fueron Diego Rivera, Juan O'Gorman, Carlos Pellicer y Luis Barragán (Lot, 2007).

### Investigación científica

El Pedregal de San Ángel ha sido objeto de estudio al menos desde 1787 con botánicos de la Real Expedición de Historia Natural de la Nueva España, así como otros expedicionarios botánicos como Paul Mouro y Joseph N. Rose a lo largo de los siglos xviii, xix y principios del xx (Rzedowski, 2001). Sin embargo, el trabajo más importante de la vegetación del Pedregal ha sido el realizado por Rzedowski (1954) sobre la flora. Por otra parte, en el sistema de tesis de la UNAM, TESIUNAM, se encuen-

tran registrados 86 títulos de tesis referentes al Pedregal de San Ángel, la mayoría de los cuales tienen que ver con aspectos florísticos y ecológicos, sin embargo, también se pueden encontrar otros temas, tales como arquitectura del paisaje, ingeniería y geología; asimismo en la base de datos del Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias *Periodica* se pueden encontrar 20 artículos científicos.

## Recreación

Dentro y en los alrededores de la Reserva se encuentran espacios culturales muy importantes como lo es el espacio escultórico de la UNAM y toda la zona cultural de Ciudad Universitaria, donde se llevan a cabo diversas actividades tales como el teatro, el cine, la danza y la música, así como la divulgación de la ciencia. Estos es-

pacios se encuentran abiertos a la comunidad universitaria y a toda la población en general, por lo que son de gran importancia para el esparcimiento y la cultura de la población de toda la ciudad. Es importante destacar que recientemente Ciudad Universitaria, asentada en la zona del Pedregal, fue decretada por la UNESCO como Patrimonio Cultural de la Humanidad (Fig. 5).

## Servicios de soporte

### Producción primaria

La producción primaria neta aérea (PPNA) en la zona de estudio se ha calculado en  $636 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ , siendo sólo cuatro especies las que contribuyen con el 52.2% de la PPNA: *Verbesina virgata* Cav., *Muhlenbergia robusta*



FIG. 4. Espacio Escultórico de la Zona Cultural de Ciudad Universitaria. Fotografía de Carlos Dobler Morales

Hitchc., *Buddleia cordata* H.B.K. y *Dahlia coccinea* Cav. (Cano-Santana, 1994a). Suponiendo que las tendencias sean similares en la parte aérea y subterránea de las plantas, se estima que la PPN total del Pedregal de San Ángel sería de  $1074 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$  (Cano-Santana, 1994b).

## Descomposición

Estudios realizados sobre la descomposición de las cuatro especies más importantes de la Reserva, de acuerdo a la PPNA, demostraron que el material mixto compuesto por estas especies se reduce un 51.1% al cabo de un año, lo cual sugiere que se acumula mucho material vegetal en el mantillo, siendo *V. virgata* Cav. la que presenta tasas de descomposición más altas (Arango Galván, 2006). Cabe señalar que hasta el momento, no se han realizado estudios de almacenes y ciclo de nutrientes en la Reserva.

## Flujos de energía y cadenas tróficas

Se ha observado que el Pedregal sostiene cuatro niveles tróficos como máximo, sin contar a los desintegradores, y que muchas de sus especies importantes son omnívoras; probablemente el herbívoro más importante es el chapulín *Sphenarium purpurascens* (Cano-Santana, 1994b). Asimismo, *Senecio praecox* DC., que da el nombre a la asociación vegetal del lugar (*Senecionetum praecocis*), sostiene once especies de insectos herbívoros (Cano-Santana, 1994b).

## Conclusiones

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel es un refugio de biodiversidad dentro de la segunda megalópolis más grande del mundo. A pesar de que su extensión se ha reducido considerablemente en los últimos 50 años, el Pedregal aún es una zona que brinda muchos servicios ecosistémicos a los habitantes sobre todo del sur de la ZMCM.

Los estudios de vegetación y ecología son los temas más frecuentes, sin embargo, hasta la década pasada, estos estudios no habían considerado el enfoque holístico de manejo de ecosistemas (Soberón *et al.*, 1991). Este enfoque sistémico que parte del axioma de que “el todo es más que la suma de sus partes” plantea que el problema



FIG. 5. Ciudad Universitaria (construida en gran parte con el basalto del Pedregal) declarada como Patrimonio Cultural de la Humanidad.

de manejar a la naturaleza no se reduce a la utilización de unas cuantas especies, sino al ecosistema en su conjunto, considerando todos sus componentes bióticos y abióticos e incluyendo a los servicios ecosistémicos que se derivan de las interacciones entre dichos componentes (MA, 2003; Castillo *et al.*, 2005).

Es por ello que día con día se ha vuelto más importante la conceptualización e identificación de los servicios ecosistémicos que proporcionan las áreas verdes, sobre todo aquellas inmersas en grandes ciudades. A esta primera aproximación sobre los servicios ecosistémicos que la REPSA ha brindado a lo largo del tiempo, hay que añadir como uno de los más destacados al servicio de

investigación científica, ya que ha dado la oportunidad de que muchos estudiantes e investigadores realicen sus prácticas, tesis e investigaciones en la zona.

Lamentablemente aún faltan por evaluar muchos servicios como los acervos de nutrientes, los cuales son indispensables para el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos y la fertilidad del suelo; así como la descripción de los servicios hidrológicos que indique cuál es la captación de agua y en qué medida contribuye con la recarga del acuífero. A su vez, falta por evaluar el servicio de purificación del aire, el cual arrojaría información básica para saber qué tanto contribuye la

REPSA en el almacenamiento de CO<sub>2</sub> atmosférico, así como en la producción de oxígeno para los habitantes del sur de la ZMCM.

Por lo anterior, es necesario profundizar en el estudio de los servicios ecosistémicos, teniendo en cuenta que existe una estrecha relación entre éstos y el bienestar humano (MA, 2003). Por lo tanto, para mejorar y mantener la calidad de vida de los habitantes del sur de la ciudad, es fundamental que se generen propuestas de manejo que garanticen el mantenimiento de los servicios así como la difusión de su importancia.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Kurt Unger por la edición del texto y las figuras. Asimismo, al Dr. Eberto Novelo, por la información acerca de los cuerpos de agua. Las fotos fueron tomadas por Rubén Salinas-Galicia.

## Literatura citada

- ARANGO GALVÁN, A. 2006. Heterogeneidad espacial y dinámica de la descomposición de hojarasca de cuatro especies abundantes en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BARRADAS, V., A. TEJEDA-MARTÍNEZ, E. JÁUREGUI. 1999. Energy balance measurements in a suburban vegetated area in Mexico City. *Atmospheric Environment*, **33**: 4109-4113.
- BALVANERA, P. Y H. COTLER. 2007. Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta Ecológica (No. especial)*, **84-85**: 8-15.
- CANO-SANTANA, Z. 1994a. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila. Tesis Doctoral. Centro de Ecología/ Unidad Académica de los ciclos Profesional y de Posgrado del C.C.H., Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. 1994b. La Reserva del Pedregal como ecosistema: Estructura trófica. Pp. 149-158, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. 1996. La vida y el hombre en el Pedregal de San Ángel. *Ciencia y desarrollo* **22(131)**: 81-82.
- CANO-SANTANA, Z., I. PISANTY, S. SEGURA, P. E. MENDOZA-HERNÁNDEZ, R. LEÓN-RICO, J. SOBERÓN, E. TOVAR, E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. DEL CARMEN RUIZ Y A. MARTÍNEZ. 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 (coords.). Manejo, conservación y restauración de los recursos naturales en México. Perspectiva desde la investigación científica. Universidad Nacional Autónoma de México y Siglo XXI, México.
- CARRILLO, C. 1995. El Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTILLO, A., M. A. MAGAÑA, A. PUJADAS, L. MARTÍNEZ Y C. GODÍNEZ. 2005. Understanding rural people interaction with ecosystems: a case study in a tropical dry forest of Mexico. *Ecosystems*, **8**: 1-3.



- CASTILLO-ARGÜERO, S., P. GADARCA, Y. MARTÍNEZ OREA, P. E. MENDOZA HERNÁNDEZ, O. NÚÑEZ CASTILLO, M. A. ROMERO ROMERO E I. SÁNCHEZ GALLÉN. 2002. Diásporas del Pedregal de San Ángel. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO-ROMERO, Y. MARTÍNEZ-OREA, P. GAU-DARRAMA-CHÁVEZ, I. SÁNCHEZ GALLÉN Y O. NÚÑEZ CASTILLO. 2004. Dinámica y Conservación del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **74**: 51-75.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., Y. MARTÍNEZ OREA, M. A. ROMERO ROMERO, P. GUADARRAMA CHÁVEZ, O. NÚÑEZ CASTILLO, I. SÁNCHEZ GALLÉN Y J. A. MEAVE. 2007. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Aspectos florísticos y ecológicos. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DAILY, G., ALEXANDER, S., EHRLICH, P., GOULDER, L., LUBCHENCO, J., MATSON, P., MOONEY, H., POSTEL, S., SHNEIDER, S., TILMAN, D. Y WOODWELL, G. 1997. Ecosystems services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology*, **2**: 1-16.
- FLORES VILLANUEVA, L. 2006. Contribución al estudio de la familia Orchidaceae en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y en algunas zonas perturbadas por la urbanización de la Ciudad Universitaria, UNAM, México, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GAMIO, M. 1929. Las excavaciones del Pedregal de San Ángel y la cultura Arcaica del Valle de México. Publicaciones de la SEP, Tomo XXII, Número 2, México. 21 pp.
- GEF-UNEP. 1999. Technical advisory panel of the Global Environment Facility-United Nations Environment Program. Report of Biodiversity Conservation in Managed Forest, México.
- HERNÁNDEZ-CUEVAS, L., S. CASTILLO ARGÜERO, P. GUADARRAMA CHÁVEZ, Y. MARTÍNEZ OREA, M. A. ROMERO ROMERO E. I. SÁNCHEZ GALLÉN. 2003. Hongos micorrizógenos arbusculares del Pedregal de San Ángel. Las prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- HERRERA, T., E. PÉREZ-SILVA Y V. VALENZUELA. 2006. Nueva contribución al conocimiento de los macromicetos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F., México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **77**: 51-57.
- HINOJOSA, I. 1996. Estudio faunístico de las abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) del Pedregal de San Ángel, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- LOT, A. 2007. Mirar para entender el paisaje del Pedregal. *Gaceta UNAM*, 7 de mayo de 2007: 9.
- MEA, MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2003. Ecosystem and Human Well-being: A Framework for Assessment. Island Press, Washington. Consultado en: <www.millenniumassessment.org>
- MERA, L. M., M. A. ZÁRATE AQUINO Y Y. SANDOVAL AGUILAR. 2002. El herbarium del Pedregal de San Ángel. *Ciencias*, **67**: 42-43.
- PANTI-MADERO, M. 1984. Contribución al conocimiento del Pedregal de San Ángel sobre el problema de su flora y conservación. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PARRA, V. P. 1988. Ecología de la polinización en una población de *Echeveria gibbiflora* DC en el Pedregal de San Ángel, C.V. México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ROBLES, A. 1994. Geografía cultural e histórica del Pedregal. Pp. 223-240, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ROJO, 1994. Plan de Manejo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Pp. 371-382, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ROJO, A. Y J. RODRÍGUEZ. 2002. La flora del Pedregal de San Ángel. INE-SEMARNAT, México.
- ROZZI, R., R. PRIMACK, P. FEINSINGER, R. DIRZO Y F. MASSARDO. 2001. ¿Qué es la biología de la conservación? Pp. 45-58, en: Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (eds.). Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latino-americanas. Fondo de Cultura Económica, México

- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*, **8**: 59-129.
- RZEDOWSKI, J. 2001. Breve reseña de la exploración botánica del Valle de México. Pp. 5-8, en: Rzedowski, G.C. de y J. Rzedowski (eds.). *Flora fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, México.
- SOBERÓN, J., M. DE LA CRUZ Y G. JIMÉNEZ. 1991. Ecología hipotética de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. *Ciencia y Desarrollo*, **99**: 25-38.
- UNAM-IIE. 2000. Armando Salas Portugal. El Pedregal de San Ángel: exposición fotográfica. UNAM-Dirección General de Divulgación-Instituto de Investigaciones Estéticas, México.