

Introducción de especies: la invasión y el control de *Eucalyptus resinifera*

Saúl Segura-Burciaga

Programa Integral de Manejo del Arbolado de Ciudad Universitaria, Jardín Botánico,
Universidad Nacional Autónoma de México
saul_segura@hotmail.com

Introducción

El transporte de especies vegetales hacia zonas fuera de su distribución natural se ha incrementado con el mejoramiento de las comunicaciones entre las diferentes regiones del mundo. Esto ha conferido a algunas especies un incremento en su ámbito de dispersión hasta un orden de magnitud mayor al que alcanzan por mecanismos naturales (Harper, 1977). Esta dispersión artificial y algunos de sus efectos han sido observados y documentados desde el siglo XIX (Darwin, 1859, en Harper, 1977).

Este fenómeno puede tener consecuencias ecológicas adversas cuando por alguna o varias características de la especie transportada o introducida (autoecológicas) y también de la comunidad receptora (sinecológicas), se presentan las circunstancias propicias para que ocurra una invasión biológica (Segura-Burciaga, en prep.).

El caso de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) es un sistema interesante para estudiar el tema del recambio de especies vegetales tanto por las extinciones como por las introducciones de especies que han ocurrido en ella. Esta contribución pretende llamar la atención respecto al tema de la introducción de especies, con especial interés en el caso de la especie exótica arbórea *Eucalyptus resinifera* Smith, como una de las primeras especies invasoras estudiada en esta Reserva y, también sobre las medidas de control cuya aplicación son una experiencia y un ejemplo para el tratamiento de otros casos similares.

Composición de especies vegetales de la Ciudad Universitaria

La Ciudad Universitaria (CU) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se construyó en la parte de menor altitud del derrame del volcán Xitle, en parte de la zona conocida como "Pedregal de San Ángel". Las condiciones de esta zona permitieron que se estableciera una comunidad vegetal natural clasificada como matorral xerófilo dominada por arbustos y herbáceas y con pocos elementos arbóreos (Rzedowski, 1983), menores a 8 m de altura (obs. pers.). Por la presencia de una especie muy característica *Senecio* (= *Pittocaulon*) *praecox* (Cav.) Rob. & Brettell, J. Rzedowski (1954) llamó a esta asociación vegetal "*Senecionetum praecocis*". De esta comunidad vegetal en la actualidad solamente existen fragmentos aislados, como los que se encuentran en la REPSA (237.3 ha de la UNAM), en el Parque Ecoarqueológico "Cuicuilco" (22 ha pertenecientes al Instituto Nacional de Antropología e Historia), en el predio "Los Encinos" (73 ha de propiedad privada) y también en el "Parque Ecológico de la Ciudad de México" (de 727.6 ha a cargo del Gobierno del Distrito Federal). Si se incluye éste último, la suma de dichos fragmentos es de 1,060 ha en total, que equivale al 26.5% de las 4,000 ha (mitad del derrame del Xitle) que se calcula que abarcaba el matorral xerófilo antes de ser urbanizado.

En el Pedregal de San Ángel se han realizado varios estudios botánicos, aún antes de ser construida la CU, (Reiche, 1914; Gándara, 1925), durante la época de su construcción (Rzedowski, 1954), cuando se trabajaba

en el proyecto de creación de la REPSA (Álvarez *et al.*, 1982), después de decretada (Valiente-Banuet y De Luna, 1990 y continúan hasta nuestros días (Castillo-Argüero *et al.*, 2004).

Una cuidadosa revisión de dichos trabajos evidencian los cambios que han ocurrido en la composición florística de la zona de la REPSA a lo largo del tiempo. Si se toman los estudios más exhaustivos que se han realizado, como el clásico de Rzedowski de 1954 y se compara con el más reciente realizado por Castillo-Argüero *et al.* de 2004, y un intermedio como el de Herrera y Almeida en 1994 (basado en el de Valiente-Banuet y de Luna de 1990), se puede encontrar información muy interesante para un intervalo de 50 años. Existe otro trabajo importante que originó el listado florístico de 1982 (Álvarez *et al.*), precisamente para el proyecto de creación de la REPSA, que contiene 386 especies y comparativamente es el más alto en número de especies, sin embargo parece estar sobreestimado (Valiente-Banuet y de Luna, 1990).

Rzedowski (1954) registró para la comunidad *Senecioetum praecocis* 318 especies en 64 familias y 198 géneros; Herrera y Almeida (1994) consideraron 320 especies en 71 familias y 254 géneros y Castillo-Argüero *et al.* (2004), determinaron 337 especies, en 74 familias y 193 géneros. Respecto a este último, cabe la acotación de que incluyó 3 especies arbóreas que no son nativas del Pedregal (*Eucalyptus globulus* Labill., *E. resinifera* Smith y *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh.) y que ningún otro estudio incluyó, por lo que para ser comparable con los demás, deben excluirse y de esta manera los números del estudio de Castillo-Argüero *et al.* (2004), se reducen a 334 especies, 72 familias y 191 géneros.

Los autores de los listados florísticos mencionados coinciden en que en la REPSA existe una comunidad vegetal comparativamente muy rica; con especies de distintos orígenes biogeográficos (Herrera y Almeida, 1994). Independientemente de las particularidades que pudieron causar las diferencias entre los listados florísticos, la intención de este apartado es proporcionar una idea de la riqueza vegetal que se encuentra en la REPSA.

Extinción de especies vegetales en el Pedregal San Ángel

En lo que se refiere a las especies vegetales que se han extinguido, una de las causas principales más señaladas ha sido la destrucción del hábitat, como ocurrió con los sistemas acuáticos (Valiente-Banuet y de Luna de 1990) donde se encontraban al menos 6 especies de afinidad humedal (Rzedowski, 1954). Otros ejemplos son los helechos *Dryopteris athyroides* Kuntze, *Psilotum triquetrum* Sw., la compuesta *Trixis michuacana* var. *longifolia* D. Don C. Anderson y la gramínea *Aristida divaricata* Humb. & Bonpl. (Castillo-Argüero *et al.*, 2004).

Otra causa importante de extinciones locales ha sido la extracción excesiva de individuos principalmente para fines comerciales, como ocurrió con al menos 6 especies de cactáceas, entre las que destaca *Mamillaria sanangelensis* Sánchez-Mejorada, por ser endémica (Valiente-Banuet y De Luna, 1990). Posteriormente se reencontró dicha especie (Castillo-Argüero *et al.* 2004) y también el helecho *Psilotum complanatum* Sw. (registrada por Rzedowski como *Psilotum triquetrum* Sw.), en una zona fuera de la REPSA (Galindo y López, 1996). Ambas especies se consideraban extintas localmente desde el estudio de Rzedowski publicado en 1954, (Castillo-Argüero *et al.* 2004).

Estos son algunos ejemplos de posibles extinciones y de la falta de continuidad en los registros florísticos que se tienen detectados en la REPSA y muy probablemente es una cantidad conservadora, si se recuerda que no se tienen documentados registros antiguos del área precisa que abarca la CU. La diferencia de 166 especies registradas por Castillo-Argüero *et al.* (2004) y que no estaban en el listado florístico de Rzedowski (1954) sugiere que es muy probable que el área revisada no fuera la misma y que Rzedowski apenas tocó una parte del área de la actual REPSA (Castillo-Argüero *et al.*, 2004).

Introducción de especies vegetales

Rzedowski en 1954 identificó 20 especies de hierbas y arbustos provenientes de semillas en suelos traídos de encinares adyacentes a la reserva y que no se encontraban en los listados florísticos de esta comunidad a prin-

cipios del siglo pasado. También identificó 31 especies de malezas originarias del extranjero. Posteriormente el mismo autor en 1990 distinguió 2 ruderales extranjeras más provenientes de África: *Ricinus communis* L. y *Leonotis nepetaefolia* (L.) R. Brown. Esta última ha expandido notablemente su población en el *campus* universitario durante la década de los noventa y también en el pedregal del Parque Ecoarqueológico "Cuicuilco" (obs. pers.). Por lo anterior, Rzedowski (1954) documentó la presencia de un total de 33 especies exóticas ruderales no nativas del Pedregal y 4 especies de malezas de origen incierto.

También se ha encontrado ampliamente distribuido en el *campus* la especie *Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chioy, conocida como "pasto kikuyo", originario de África e introducido para los jardines y campos deportivos de la CU (obs. pers.) Una especie introducida más es la cactácea *Opuntia robusta* Wendl., la cual parece que se dispersó fuera de las colecciones del Jardín Botánico Exterior (Valiente-Banuet y De Luna, 1990).

El caso de las especies arbóreas es contrario, la mayoría fueron introducidas por plantación en los bordes de los fragmentos de pedregal. Las especies arbóreas introducidas en la zona de reserva ecológica son: *Acacia longifolia* (Andrews) Willd., *A. retinoides* Schltdl., *Casuarina equisetifolia* L., *Cupressus lusitanica* Mill., *Erythrina coralloides* DC., *Eucalyptus globulus* Labill. y *E. resinifera* Smith, *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh, *Jacaranda mimosifolia* D. Don, *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton, *Pinus patula* Schltdl. & Cham., *Schinus molle* L. (Segura-Burciaga, obs. pers.).

Si se excluyen las mencionadas especies de árboles que no han sido consideradas en general en los listados florísticos citados, se pueden distinguir por lo menos 59 especies introducidas a la REPSA.

Al restar estas 59 especies introducidas, la riqueza nativa de esta comunidad se reduce a entre 259 y 275 especies (según el listado florístico que se considere). Estos números son cercanos al determinado por Castillo-Argüero *et al.* (2004) que en un análisis detallado distinguieron que del total de especies de la REPSA, solamente 34 son exclusivas del matorral xerófilo y otras 251 especies son compartidas con otros tipos de vegetación de la cuenca, las cuales suman 285 especies nativas de la región.

Lo anterior da una idea de la composición natural de especies nativas que formarían el matorral xerófilo de la REPSA sin las especies provenientes de otras regiones o continentes.

La introducción del eucalipto en la Reserva Ecológica del Pedregal

Una de las especies introducidas con presencia más notoria es *Eucalyptus resinifera*, que fue plantada prácticamente en todos los bordes de la vialidad de la CU y también en sus jardines y camellones. Estos árboles fueron introducidos con la construcción de la Ciudad Universitaria alrededor de 1951 (J. Rzedowski, com. pers.).

Por la velocidad de crecimiento y la altura que alcanzan los eucaliptos, su follaje ha formado un estrato (dosel) que no existía ni corresponde a la etapa sucesional en la que se encuentra la comunidad vegetal del pedregal, en la que aún predominan las plantas xerófilas de porte bajo. Por esta razón, por ejemplo, los eucaliptos compiten exitosamente por el recurso luz y en las zonas donde están distribuidos en mayor densidad, disminuyen la calidad y cantidad que llega a los estratos arbustivo y herbáceo, lo cual afecta a las plantas xerófilas que se encuentren debajo de sus copas.

Además de lo anterior, el mantillo formado por la caída continua de hojas, ramas, flores y frutos forma un "tapete" de lenta descomposición que puede agregar otro efecto, éste a nivel del piso, ya sea por la obstrucción mecánica de dicho "tapete" y/o por las toxinas volátiles y solubles en agua (terpenos y fenoles) que contiene (Del Moral y Muller, 1970, Barton *et al.*, 1989).

Otro nivel de competencia es probable que ocurra a nivel del subsuelo, por la ventaja en tamaño que tienen los eucaliptos sobre las plantas nativas por el mayor alcance radicular para la captura de agua y nutrimentos.

Para conocer el proceso de invasión de la población de *Eucalyptus resinifera* en la REPSA se realizó el primer estudio sobre este tema entre 1989 y 1990 (Segura-Burciaga, 1995). Dicho estudio proporcionó resultados que confirmaron que hubo una invasión cuando en 1990 el área de la REPSA era de 146 ha y 8,902 m². Con base en este tamaño se calculó mediante comparaciones de

fotografías aéreas de los años 1954, 1963, 1972 y 1987, que la población de *Eucalyptus resinifera* llegó a ocupar en 33 años, el 8% del área de reserva, es decir, 12 ha. Otro resultado fue que durante ese lapso (1954-1987), su tasa promedio de crecimiento poblacional fue de 9.22% (Segura-Burciaga, 1995).

Para avanzar en el conocimiento de los efectos de la invasión de los eucaliptos, mientras se llevaban a cabo las acciones para el Control de Eucaliptos, se realizó otro estudio (Segura-Burciaga, en prep.) entre 1996 y 1998 para evaluar esta vez, el efecto de los eucaliptos sobre la comunidad vegetal de la REPSA. Dicho estudio consideró tratamientos en los que se liberaron sitios con los mencionados factores (sombra y tapete de mantillo) de los eucaliptos, comparados con controles donde se dejaron los dos factores y también se compararon con muestras del matorral xerófilo sin eucaliptos (Segura-Burciaga, en prep.).

En resumen, los resultados de dicho estudio sugieren en general que la interferencia lumínica de los follajes de los eucaliptos es un efecto más importante en la vegetación encontrada debajo de ellos que el del tapete de mantillo. Otros resultados interesantes son que la comunidad estudiada bajo los eucaliptos es menor en riqueza y cobertura de especies nativas que en el pedregal sin eucaliptos; esto fue significativamente mayor en la fuerte sequía de 1998. En cuanto a la abundancia de especies no nativas (malezas) esta fue más variable bajo los eucaliptos que en la zona de pedregal sin eucaliptos (Segura-Burciaga, en prep.).

Subprograma de Control de Eucaliptos en la Ciudad Universitaria

Por dichas observaciones y otras que afectaban el manejo de los recursos naturales y de energía en la CU, el Rector Dr. José Sarukhán Kermez creó en 1991 el Programa de Mejoramiento Ecológico del Campus. Este incluía un subprograma de Control de Eucaliptos en todo el *campus* que inició sus trabajos preliminares en el segundo semestre del año 1993 y las acciones operativas a mediados de 1994.

Para los fines de este control se dividió a CU en dos tipos de zonas: 1) Zona urbana y 2) Zona de reserva ecológica; en la primera se calculó en 1994 que existían 25,000

eucaliptos y en la Reserva Ecológica, 3,000, es decir, en todo el *campus* existían un total de 28,000 eucaliptos.

El programa de control de eucaliptos se basó en los resultados de un estudio poblacional realizado entre 1989 y 1990 sobre la población de *Eucalyptus resinifera* encontrada dentro de los límites de la Reserva Ecológica. En este estudio se definieron las categorías de tamaño de los individuos que, según un modelo matricial de crecimiento poblacional, de eliminarse provocarían que la tasa de crecimiento se hiciera negativa y que junto con los árboles talados se detuviera el crecimiento de su población y también disminuyera fuertemente su número (Segura-Burciaga, 1995).

Con base en lo anterior el Programa de Control de Eucaliptos determinó que deben eliminarse en la zona urbana de CU el 60% de los eucaliptos (15,000) y en la Reserva Ecológica el 100% (3,000), es decir, 18,000 eucaliptos en total. Hasta el año 2001 en que se suspendió el programa se habían talado en números cerrados, 12, 000 eucaliptos de los 15,000 en la zona urbana. Para la zona de la REPSA no se han hecho trabajos desde 1998; el último cálculo para ese año, estima que existían 2,000 eucaliptos de los 3,000 totales calculados para 1990 en que inició el estudio poblacional que originó este programa.

Por lo anterior es muy importante que se retomen las acciones de control de eucaliptos en todo el *campus*, pero particularmente en la REPSA.

Restablecimiento de flora nativa en el *campus*

La sustitución de eucaliptos se ha hecho fuera de la Reserva Ecológica en las zonas donde se eliminaron eucaliptos durante el periodo en que operó el Programa de Mejoramiento Ecológico del Campus (1994-2001). Cabe mencionar que dicha sustitución de eucaliptos se hizo combinando exclusivamente especies nativas del matorral xerófilo y también se incluyeron encinos para que proporcionaran sombra en las zonas urbanas. Para esto se tomaron en cuenta varios criterios, como el espacio, los recursos disponibles y el diseño de paisaje.

Para el caso de la REPSA no se sustituyeron los eucaliptos removidos para permitir que por mecanismos naturales se establecieran especies propias del ecosistema;

aunque siempre existen probabilidades de que también se establezcan individuos de especies ruderales, para lo cual podrían haber otras acciones.

Influencia del Programa de Control y Sustitución de Eucaliptos de la UNAM

El Programa de Control y Sustitución de Eucaliptos en la Ciudad Universitaria de la UNAM, fue el primer programa formal, basado en conocimientos científicos para controlar su población. Esta experiencia llamó la atención de funcionarios de Gobierno del Distrito Federal (GDF) a varios niveles, como de la demarcación Coyoacán, donde se encuentra la CU, también de la delegación Tlalpan para la conservación del "Parque Ecológico de la Ciudad de México" y a nivel central, de la Comisión de Recursos Naturales (CORENA) de la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) del Gobierno del Distrito Federal (GDF) que desde 1998 se acercaron para conocer la experiencia y resultados, así como solicitar asesoría.

Es digno de resaltar el interés del Parque Ecoarqueológico "Cuicuilco" del INAH, que en 1998 solicitó asesoría y apoyo para la conservación de dicho parque, el cual es un fragmento con matorral xerófilo en buen estado de conservación. Como parte de esta coordinación, la UNAM apoyó la plantación (entre 1998 y 1999) de 81 árboles de 4 especies del género *Quercus* (Cano-Santana *et al.*, 2006) que proporcionarían sombra a los visitantes en los andadores y, se limitaría el crecimiento de male-

zas en los bordes con el matorral. Dicha acción evitó la introducción de árboles de especies no nativas del matorral xerófilo que pretendía plantar un grupo ecologista en 1998. Asimismo se realizaron acciones para el control mecánico de las especies introducidas más extendidas: *Leonotis nepetaefolia* (L.) R. Brown y *Ricinus communis* L. En zonas donde se realizó este control mecánico se plantaron individuos de especies nativas.

Finalmente, también es importante mencionar que durante el periodo 2000-2006 del GDF, la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) instruyó a la Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental, para que atendiera con otras instancias del gobierno local, un Programa de Control de Eucaliptos para todo el Distrito Federal, siguiendo el ejemplo de lo realizado por la UNAM en su *campus* principal. La parte del uso de especies nativas silvestres nunca antes manejadas como ornamentales en áreas urbanas, también tuvo influencia a nivel de la Ciudad de México, cuando se propagaron en los viveros de la SMA, 34 especies nativas de todas las formas de vida y de varios tipos de vegetación, para restaurar el Suelo de Conservación, es decir, las Áreas Naturales Protegidas, las barrancas, etc. Por primera vez un Gobierno de la Ciudad de México contó en el 2001, con disponibilidad de especies nativas y de un grupo seleccionado de las especies más resistentes para ser plantadas en las obras viales como el Distribuidor Vial San Antonio, El Metrobús, el Eje 5 Poniente y el Segundo Piso del Periférico.

Literatura citada

- ÁLVAREZ, S. F. J., CARABIAS, L. J., MEAVE DEL CASTILLO, J., MORENO, C. P., NAVA, F. D., RODRÍGUEZ, Z. F., TOVAR, G. C. Y VALIENTE-BANUET, A. 1982. Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Ángel. P.p. 343-369. En: Ariel Rojo (Comp.) "Reserva Ecológica El Pedregal: ecología, historia natural y manejo". Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- BARTON, A. F. M., TIJANDRA, J. Y NICHOLAS, P. G. 1989. Chemical evaluation of volatile oils in *Eucalyptus* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **37**:1253-1257.
- CANO-SANTANA, Z., PISANTY, I., SEGURA, S., MENDOZA-HERNÁNDEZ, P. E., LEÓN-RICO, R., SOBERÓN, J., TOVAR, E., MARTÍNEZ-ROMERO, E., RUIZ, L. DEL C. Y MARTÍNEZ-BALLESTÉ A. 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del pedregal del Xitle. P.p. 203-226. En: Ken Oyama y Alicia Castillo (Coord.) "Manejo, Conservación y Restauración de Recursos Naturales en México". Siglo XXI Editores, S.A. de C.V. México.
- CASTILLO-ARGÜERO, A. S., MONTES, C. G., ROMERO, R. M. A., MARTÍNEZ, O. Y., GUADARRAMA, C. P., SÁNCHEZ, G. I. Y NÚÑEZ, C. O. 2004. Dinámica y conser-

- vación de la flora del matorral xerófilo de la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **74**: 51-75.
- DEL MORAL, R. Y MULLER, C. 1970. The allelopathic effects of *Eucalyptus camaldulensis*. *The American Naturalist*. **83**(1):254-282.
- Gaceta UNAM, Volumen 1, No.59, Octubre 3 de 1983.
- GALINDO, R. C. Y LOPEZ, T. L. 1996. *Psilotum complanatum* Sw., en el Pedregal de San Ángel. *Bol. Boletín de la Sociedad Botánica de México* **59**:147-148.
- GÁNDARA, G. 1925. Otro modo de estimar la flora del Valle de Mexico. *Forestal* **3**:157-162.
- HARPER, J. L. 1977. Population Biology of Plants. Academic Press. 892 p.p.
- HERRERA, L. A. Y ALMEIDA, L. L. 1994. Relaciones fitogeográficas de la flora vascular de la reserva del Pedregal de San Angel, México, D. F. P.p. 83-90. En: Ariel Rojo (Comp.) "Reserva Ecológica El Pedregal: ecología, historia natural y manejo". Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- REICH, C. 1914. La vegetación de los alrededores de la Ciudad de México. Tipografía Moderna, Mexico, D.F.
- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **8**(1-2):59-129.
- RZEDOWSKI, J. 1983. Vegetación de México. Limusa, México.
- RZEDOWSKI, J. Y G. RZEDOWSKI, 1990. Nota sobre el elemento africano en la flora adventicia de México. *Acta Botánica Mexicana* **12**:21-24.
- SEGURA-BURCIAGA, S. 1995. "Estudio poblacional de *Eucalyptus resinifera* Smith. (Myrtaceae) en la Reserva Ecológica de El Pedregal de San Ángel, C.U., México, D.F." Tesis profesional, Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 90 p.p.
- SEGURA-BURCIAGA, S. (en prep.). "Efecto de la remoción de individuos de la especie exótica *Eucalyptus resinifera* Smith. sobre la composición de plantas nativas en un matorral xerófilo del Valle de México". Proyecto de Tesis en el programa de Maestría en Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, U.N.A.M.
- VALIENTE-BANUET, A. Y DE LUNA, G. E. 1990. Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Ángel, México, D. F. *Acta Botánica Mexicana* **9**:13-30.